

ANNALES

DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, boulevard Raspail, Paris-VII^e

SOMMAIRE

	SERVICE
104. J. JAROUSSEAU, Le trait de Charpente (Deuxième Partie). (Manuel de la Charpente en bois, n° 8)	A C
105. E. de BEER, Quelques exemples d'application des méthodes d'investigation utilisées en Belgique pour la résolution des problèmes de fondation. (Sols et Fondations, n° 2)	A
106. R. L'HERMITE, J. CHEFDEVILLE, J.-J. GRIEU, Nouvelle contribution à l'étude du retrait des ciments. (Liants hydrauliques, n° 5)	A
107. J. CAMPREDON, Recherches diverses et essais intéressant l'utilisation du bois dans la menuiserie et la charpente. (Matériaux, n° 3)	A C
108. J. BOURCART, J. NOETZLIN, Dr G. POCHON, S. BERTHELIER, Étude des détériorations des pierres dans les monuments historiques. (Technique générale de la construction, n° 7)	A C
109. DOCUMENTATION TECHNIQUE, n° 30. (Documentation réunie en septembre 1949)	A C D
110. A. DESPLANCHES, Les chambres d'essai climatiques. (Équipement Technique, n° 5)	A C
111. CHAMBRE SYNDICALE DES CONSTRUCTEURS EN CIMENT ARMÉ DE FRANCE. Commémoration du Centenaire de l'invention du ciment armé. (Béton. Béton armé, n° 11). A	
112. ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS, Nouvelle série. Table systématique et par noms d'auteurs des fascicules parus en 1948-1949. (Hors-série, n° 2) A C D	

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURE
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE
28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS (VII^e)

LABORATOIRES DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS
12, RUE BRANCION, PARIS (XV^e)

BUREAU SECURITAS
9, AVENUE VICTORIA, PARIS (IV^e)

CENTRE D'INFORMATION ET DE
DOCUMENTATION DU BATIMENT
100, RUE DU CERCHE-MIDI, PARIS (VI^e)

LES ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

publient en dix numéros par an :

Les conférences et comptes rendus de visites de chantiers organisées par le Centre d'Études Supérieures ;
Des études originales françaises et étrangères ;
Les manuels du béton armé, de la charpente en bois et de la construction métallique ;
Les comptes rendus des recherches d'intérêt général poursuivies par les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics ;
Une documentation technique.

La présentation par fascicules isolés permet un rangement facile dans les couvertures fournies régulièrement à cet effet d'après les séries suivantes :

Architecture et Urbanisme ;
Technique générale de la construction ;
Théories et Méthodes de calcul ;
Essais et Mesures ;
Sols et Fondations ;
Gros Œuvre ;

Construction métallique ;
Travaux publics ;
Matériaux ;
Liants hydrauliques ;
Béton, Béton armé ;
Béton précontraint ;
Équipement technique ;

Aménagement intérieur ;
Matériel de chantier ;
Questions générales ;
Documentation technique ;
Manuel du Béton armé ;
Manuel de la Charpente en bois ;
Manuel de la Construction métallique.

Pour l'année 1950, les trois catégories établies pour la diffusion des « Annales » sont maintenues.

Le service complet A comprend la totalité des fascicules parus dans les différentes séries et en particulier ceux qui ont trait aux Théories et Méthodes de calcul (résistance des matériaux), Essais et Mesures, Construction métallique, Travaux publics, Liants hydrauliques, Béton, Béton armé, Béton précontraint, Matériel de chantier, et qui n'appartiennent qu'au service complet.

Le service réduit C comprend :

Les séries de fascicules ayant trait :

— Aux questions d'Architecture, de Technique générale de la construction, d'Équipement technique (électricité, chauffage et ventilation, froid, acoustique, plomberie, couverture, étanchéité), d'Aménagement intérieur, de Matériaux (pierres et minéraux, géologie), de Sols et Fondations (études pratiques), de Gros Œuvre (maçonnerie, travail du bois) ;

— Aux Questions générales (questions économiques, hygiène et sécurité) ;

Les séries de manuels ;

Et la série « Documentation technique ».

Le service réduit D comprend uniquement les dix fascicules de la série « Documentation Technique » qui donnent la référence et l'analyse de plus de 3 500 articles de documentation française et étrangère et contiennent en outre des bibliographies d'ouvrages, une sélection de brevets intéressant la construction et renseignent sur l'évolution de la normalisation. La reproduction des documents signalés peut être fournie par le Service de Documentation de l'Institut Technique ainsi que toute traduction et bibliographie sur un sujet déterminé.

Le service des « Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics » est réservé à ses adhérents (conditions d'adhésion sur demande).

Les « Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics » ont publié, en 1949, 54 fascicules représentant au total 1 448 pages in-4° carré, illustrées de 1 500 figures et photographies ; la table complète par séries de l'année 1949 figure dans le présent numéro. Elles publieront en 1950 un ensemble équivalent.

CONFÉRENCES DU CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES SESSION 1949-1950 (2^e Série)

Salle des Conférences du Centre d'Information et de Documentation du Bâtiment,
100, rue du Cherche-Midi, Paris-VII^e, le mardi à 17 h 30.

10 JANVIER

LA CONSTRUCTION EN TUNISIE, par M. Bernard H. ZEHR-FUSS, Architecte, Premier Grand Prix de Rome, Membre du Conseil National de la Construction.

17 JANVIER

ADAPTATION AUX CHANTIERS DES APPAREILS ENREGISTREURS DE DÉFORMATION EMPLOYÉS AUX LABORATOIRES, par M. E. PERRIN, Ingénieur E. C. P., Inspecteur du Bureau Veritas.

24 JANVIER

L'EMPLOI DES MATIÈRES PLASTIQUES DANS LE BATIMENT, par M. DUBOIS, Directeur du Centre d'Études des Matières Plastiques.

31 JANVIER

LA SILICOSE, par MM. le D^r RAYMOND, Professeur Agrégé du Val-de-Grâce, et P. EXPILLY, Conseiller Technique et Ingénieur Conseil de l'Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics.

Le programme complet des Conférences et visites de chantiers de la deuxième série paraîtra dans le numéro de Janvier 1950 des Annales.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS-VII^e

Décembre 1949

N° 104

Nouvelle série.

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

MANUEL DE LA CHARPENTE EN BOIS, N° 3

LE TRAIT DE CHARPENTE

Par **M. J. JAROUSSEAU**,

Professeur d'Enseignement Manuel et Technique des Écoles Professionnelles de la Ville de Paris, ex-commis d'Entreprise.

DEUXIÈME PARTIE

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.
V. — LES ÉPURES DANS L'EXÉCUTION DES COMBLES (<i>fin</i>).....	2	VIII. — COMBLE COMPORTANT UNE CROUPE BIAISE.....	13
VI. — COMBLE SIMPLE A RETOUR D'ÉQUERRE (<i>apprentis</i>).....	3	IX. — COMBLE SE RACCORDANT. COMBLE EN AVANT-CORPS NÉCESSITANT UNE NOUE.....	18
VII. — COMBLE AVEC CROUPE DROITE A RAM-PANTS DIFFÉRENTS.....	8		

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

V. — LES ÉPURES DANS L'EXÉCUTION DES COMBLES

Dans le fascicule n° 7 du Manuel de la Charpente en Bois, nous avons étudié les épures des surfaces et des lignes représentant schématiquement les combles.

Nous allons maintenant les compléter en abordant l'étude des différents éléments solides qui entrent dans la composition de ces combles.

Des lignes supplémentaires vont apparaître en fonction des pièces de bois à faire figurer dans ces épures.

Chaque travail va être présenté d'abord de façon à faire comprendre l'ensemble de l'ouvrage, et ensuite nous donnerons l'épure de chantier que le praticien effectue pour tracer les pièces de bois.

RÉSUMÉ

Ayant rappelé les moyens graphiques utilisés pour tracer les épures de combles, il reste à en montrer l'application aux combles les plus courants, à l'effet de déterminer par des épures de chantier la vraie grandeur de tous les éléments. Pour un comble simple à retour d'équerre dit en appentis, on exécute les épures permettant de déterminer la disposition et la vraie grandeur des pièces d'une demi-ferme d'arêtier. Les épures d'une croupe carrée à rampants différents comportent la détermination : de la forme des arêtiers, de l'assemblage des pannes, des coupes d'empanons. L'étude d'une croupe biaise comporte les épures du chevron d'emprunt, de la ferme biaise, des engueulements des arêtiers sur le poinçon, et de l'assemblage des pannes et des arêtiers. Enfin à propos d'un comble sur bâtiment avec avant-corps sont données les épures à exécuter pour l'étude des noues.

SUMMARY

Having recalled to mind the graphical methods used for roof diagrams, it only remains to show their application in the most common types of roof for the purpose of determining by means of workshop sketches the correct dimensions of each unit. For a simple pitched roof, or lean-to roof, drawings are made for the calculation of the disposition and the dimensions of members for a hipped roof. Sketches of a square pent house roof showing various angles of slope are used to determine the shape of various members, joining of purlins and cross-sections of lesser members. Work on sloping pent house roofs requires sketches for the shape of rafters, and slope of rafters and purlins. Finally, in connexion with a roof for a building with panels or bays, sketches are given by which to calculate the roof ties.

VI. — COMBLE SIMPLE A RETOUR D'ÉQUERRE
(Appentis).

Fig. 84.

La figure 84 nous montre le dessin d'un comble en appentis à l'usage d'un bâtiment dont les murs se retournent d'équerre. Nous y remarquons les pièces de bois figurées dans les différentes positions permettant de connaître, d'une part, leur vraie longueur, et, d'autre part, leurs différentes coupes.

Nous rencontrons dans ce travail une première application concernant l'étude d'une demi-ferme d'arêtier, c'est-à-dire du pan de charpente placé sous l'arête saillante à la rencontre des deux versants.

Accompagné de la herse ou développement du comble ce dessin permet de guider le praticien dans l'exécution de ses épures de chantier. Dans cette étude d'ensemble nous distinguons :

1^o La vue de dessus ou plan du chevronnage qui nous donne la forme du bâtiment, la disposition des fermes, arêtier, pannes, sablières, chevrons. Certaines pièces de bois sont représentées en raccourci.

2^o Les élévations des demi-fermes effectuées parallèlement à leur position en plan. Elles représentent en vraie grandeur les différentes pièces de bois qui entrent dans la construction de ces fermes. Remarquons que dans le cas présenté, le bâtiment étant de même largeur, la pente du comble se trouve être la même sur chaque versant et les deux demi-fermes sont semblables.

3^o La vraie grandeur de la demi-ferme d'arêtier effectuée en rapport avec la vue de dessus d'une part et avec l'élévation des demi-fermes d'autre part, nous donnant les longueurs et positions des éléments constituant ce pan de charpente. La vue obtenue permet aussi de reconnaître sur l'arêtier l'emplacement des autres éléments : chevrons, pannes et sablières venant s'assembler à la face de ce dernier.

4^o La herse qui permet de déterminer les longueurs et les coupes des empanons, ainsi que la coupe des pannes.

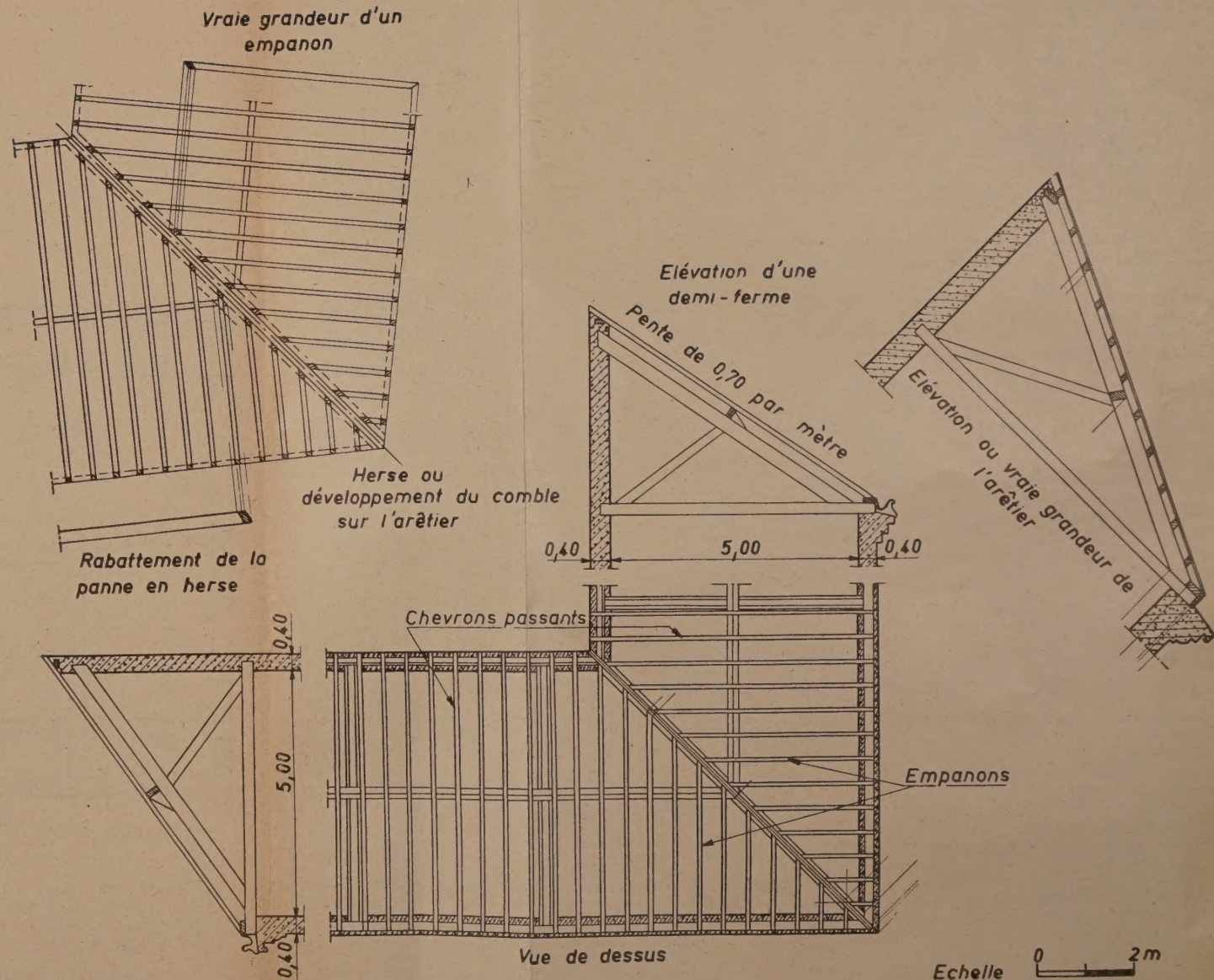
Sans entrer dans le détail d'exécution de ces dessins, il nous paraît cependant utile de donner quelques explications sur la recherche des vraies grandeurs d'arêtier ainsi que sur la construction des herses.

Avant de les aborder, disons aussi que l'épure représentée figure 84, de même que toutes celles qui vont suivre, étant avant tout des études de trait de charpente, c'est-à-dire de recherche des coupes et longueurs des bois, nous n'indiquons pas les équarrissages des différents éléments; les sections étant parfois déterminées par les épures elle-mêmes.

Examinons donc comment réaliser l'épure de l'arêtier représenté figure 84. Il faut avoir recours pour cela à la vue de dessus ainsi qu'à l'élévation d'une demi-ferme. Ces deux vues doivent donc être tracées en premier lieu.

Afin de pouvoir suivre les différents tracés successifs, nous allons décomposer l'opération en trois phases et les accompagner de figures.

Pour que les tracés soient plus visibles, nous allons à la fois réduire les dimensions du bâtiment et grossir la section des bois. Voyons pour cela la figure 85.



Recherche de la vraie grandeur de l'arêtier.

La vue de dessus (fig. 85) nous apparaît avec les seules pièces de bois nous intéressant pour l'instant. L'arête A, située à la rencontre des deux versants de même pente, se trouve placée de ce fait suivant la *bissectrice* des angles des murs, c'est-à-dire à 45° . Elle devient aussi l'axe de la pièce de bois. Sa demi-épaisseur sera donc portée de chaque côté de cette ligne.

Nous dirons dans la circonstance que l'arêtier n'est pas *dévoiyé*.

Les chevrons espacés régulièrement reposent au pied sur la sablière ou *plate-forme* ⁽¹⁾ et s'assemblent en tête les uns à la face de l'arêtier : ce sont les *empanons* ; les autres appelés *chevrons passants* montent jusqu'au faîtage. Les uns comme les autres sont toujours placés d'équerre aux sablières.

L'élévation de la demi-ferme nous fournit la hauteur du comble comme le montre le compas 1.

La largeur ou *retombée* des chevrons détermine une case que l'on appelle la *chambrée* et qui, descendue en plan, est représentée par les lignes B, C. Il en est ainsi de la chambrée de la panne figurée en plan par les lignes C, D.

L'élévation de l'arêtier est obtenue en effectuant ici un changement de plan, c'est-à-dire en menant une ligne parallèle à la projection horizontale de cet arêtier. Cette ligne étant aussi la *ligne de trave*, c'est-à-dire la ligne de base de la naissance du rampant du comble, sert de charnière pour rabattre l'arêtier sur un plan horizontal.

Des perpendiculaires sont ensuite menées par les deux extrémités de l'arêtier en plan. La hauteur du comble est portée comme nous le montre le compas 1'. En joignant les points obtenus, nous obtenons le rampant de l'arêtier.

Pour obtenir son *délardement*, c'est-à-dire la partie à abattre de chaque côté de sa ligne d'axe ou d'arête, il suffit de remonter sur la ligne de trave l'épaisseur de l'arêtier à son extrémité en plan et suivant la ligne E. Le point obtenu est mené parallèlement au rampant en E'.

La chambrée des chevrons sur l'arêtier est obtenue en remontant sur la ligne de trave l'occupation ⁽²⁾ de cette chambrée en plan à son intersection avec la face de cet arêtier et menée ensuite parallèlement au rampant. Nous obtenons la ligne C'.

La retombée de l'arêtier est obtenue ici d'une façon identique. Il suffit de remonter sur la ligne de trave, la chambrée de panne prise à son intersection en plan avec la face de cet arêtier. Du point obtenu, il suffit de mener une ligne D' parallèlement au rampant pour connaître alors la largeur de l'arêtier.

⁽¹⁾ *Plate-forme* est le nom donné à la sablière lorsque cette dernière repose sur un mur.

⁽²⁾ On appelle *occupation* l'emplacement occupé soit par un élément dans un ensemble, soit par la coupe d'une pièce sur la face d'une autre.

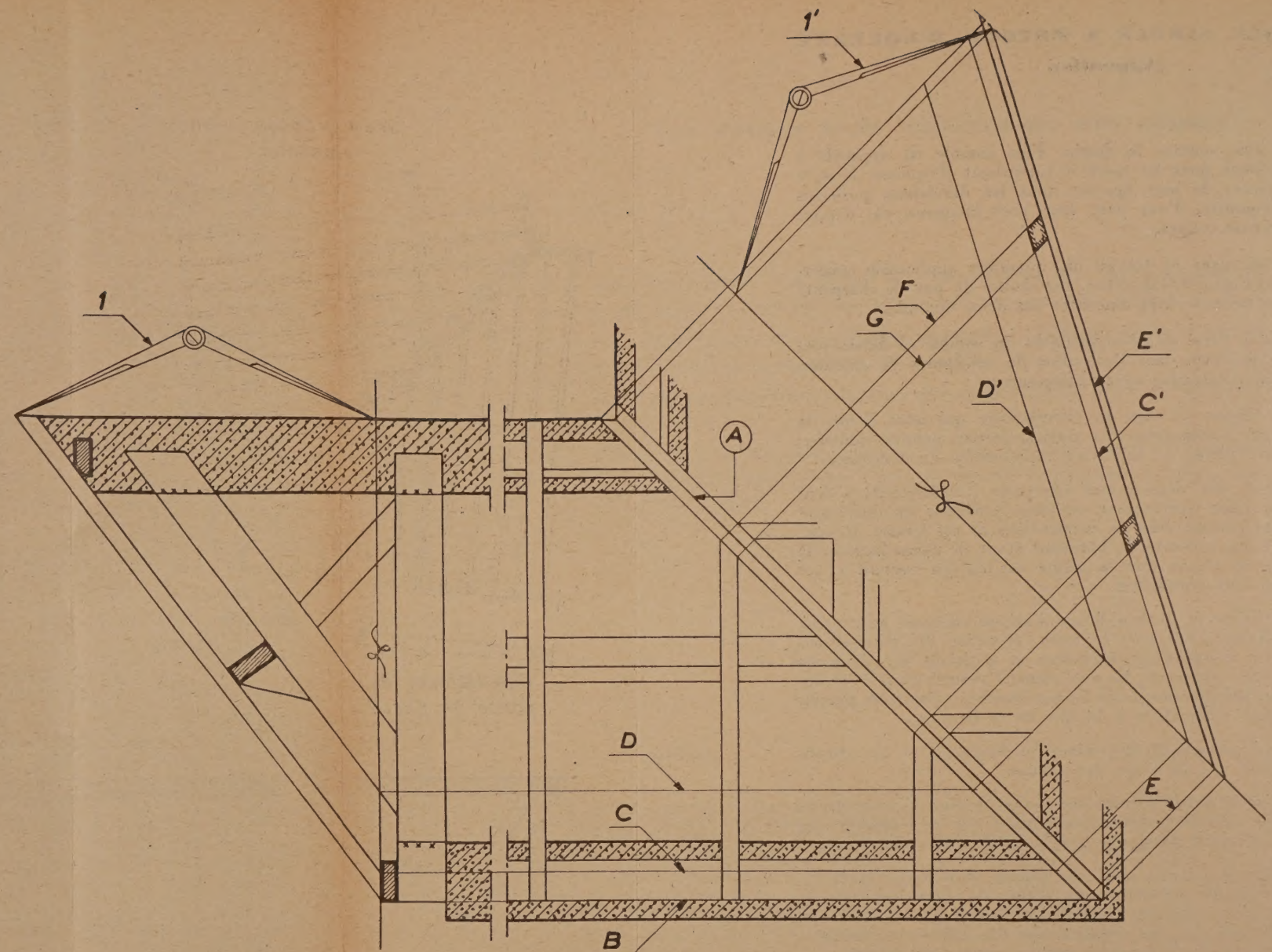


Fig. 85.

L'emplacement des empanons est ensuite obtenu sur la face de cet arêtier en élévation, en remontant perpendiculairement suivant F, G, l'occupation en plan de ces empanons dans la chambrée précédemment tracée.

Voyons maintenant la figure 86. Elle nous montre l'occupation de la panne et des plates-formes à la face de l'arêtier.

Pour trouver l'emplacement de la panne tel qu'il est

défini sur notre épure, il suffit, sur la demi-ferme, de faire passer un plan par le côté extérieur déversé de la panne, c'est-à-dire de prolonger le rampant de cette panne jusqu'à la ligne de trave; ce qui est fait en A.

La trace horizontale de ce plan nous est donnée en A' ou, pour mieux dire, il n'y a qu'à redescendre en plan le point précédemment obtenu sur la ligne de trave.

L'intersection de ce plan oblique sur la vue de dessus

avec la face de l'arêtier permet de déterminer ensuite sur l'élévation de ce dernier la ligne de rampe de la panne, soit A". Il suffit de remonter sur l'élévation de l'arêtier les deux points obtenus en plan sur sa face.

L'occupation des plates-formes est ensuite figurée sur l'arêtier d'après les hauteurs prises par rapport à la ligne de trave, comme nous l'indiquent les différents compas placés sur l'épure.

La figure 87 représente la troisième phase des opérations à effectuer pour obtenir définitivement l'épure de la demi-ferme d'arêtier de notre appentis.

En complément de l'arêtier proprement dit, nous voyons apparaître l'entrait, ainsi que la contre-fiche soulageant l'arêtier au droit de la panne.

Cette contre-fiche doit théoriquement se *dégauchir* avec celles des demi-fermes courantes, c'est-à-dire qu'elle doit être inclinée sous l'arêtier de telle sorte que deux plans qui passeraient suivant l'inclinaison des contre-fiches des demi-fermes et viendraient se joindre sous l'arêtier, se confondent à leur jonction avec son inclinaison.

D'après cela, sa position sous l'arêtier sera facile à trouver.

Il suffit sur la demi-ferme courante de faire passer un plan par la face inférieure de la contre-fiche et dont la trace nous est donnée par la ligne A.

Au point de rencontre de cette trace avec le rampant du comble faire passer un nouveau plan parallèle à la ligne de trave. La trace de ce plan est donnée par la ligne B.

Les traces de ces deux plans sont ensuite obtenues sur l'élévation de la demi-ferme d'arêtier après avoir reporté leur point de hauteur comme l'indiquent les compas.

L'inclinaison de la contre-fiche sous l'arêtier est alors obtenue.

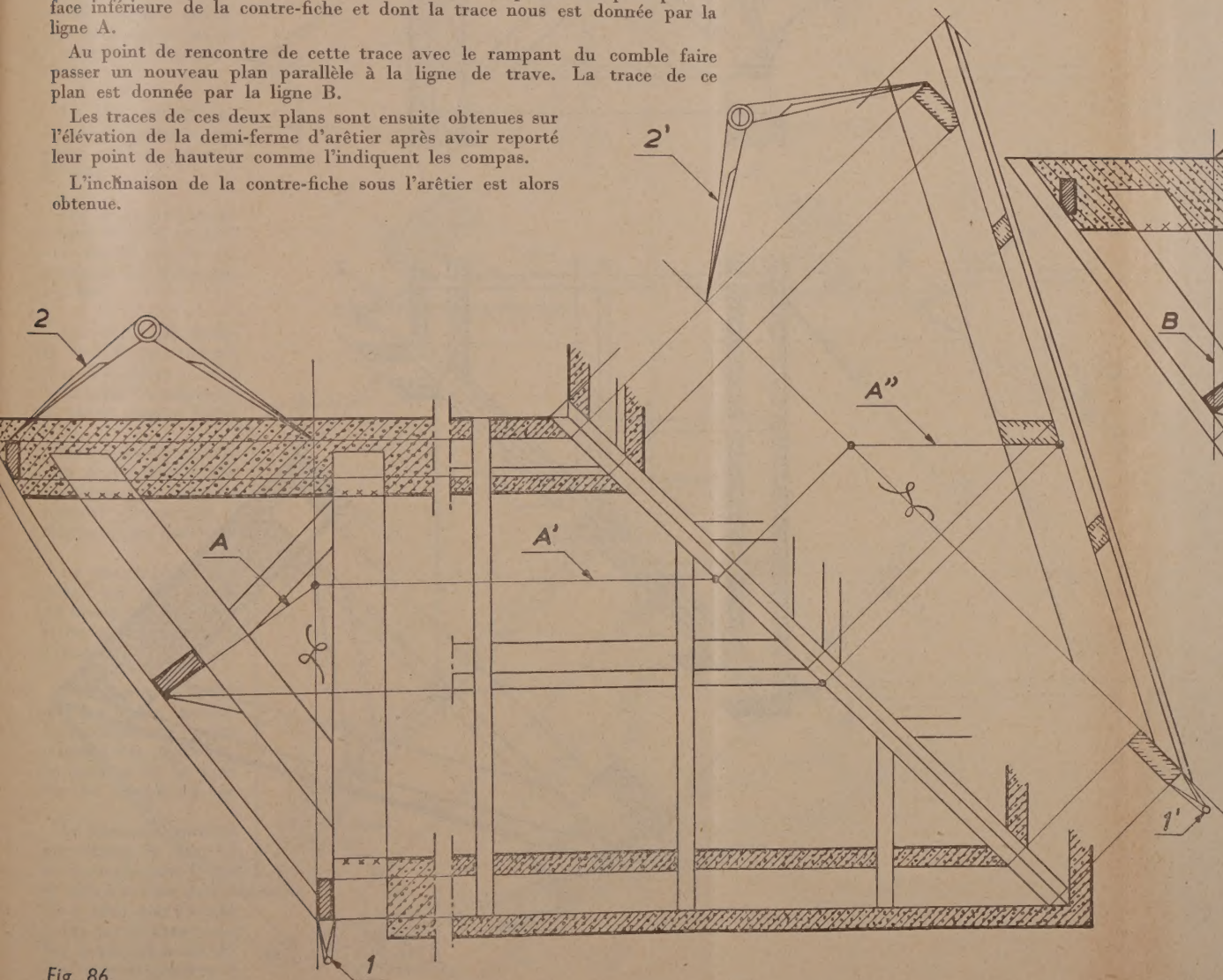
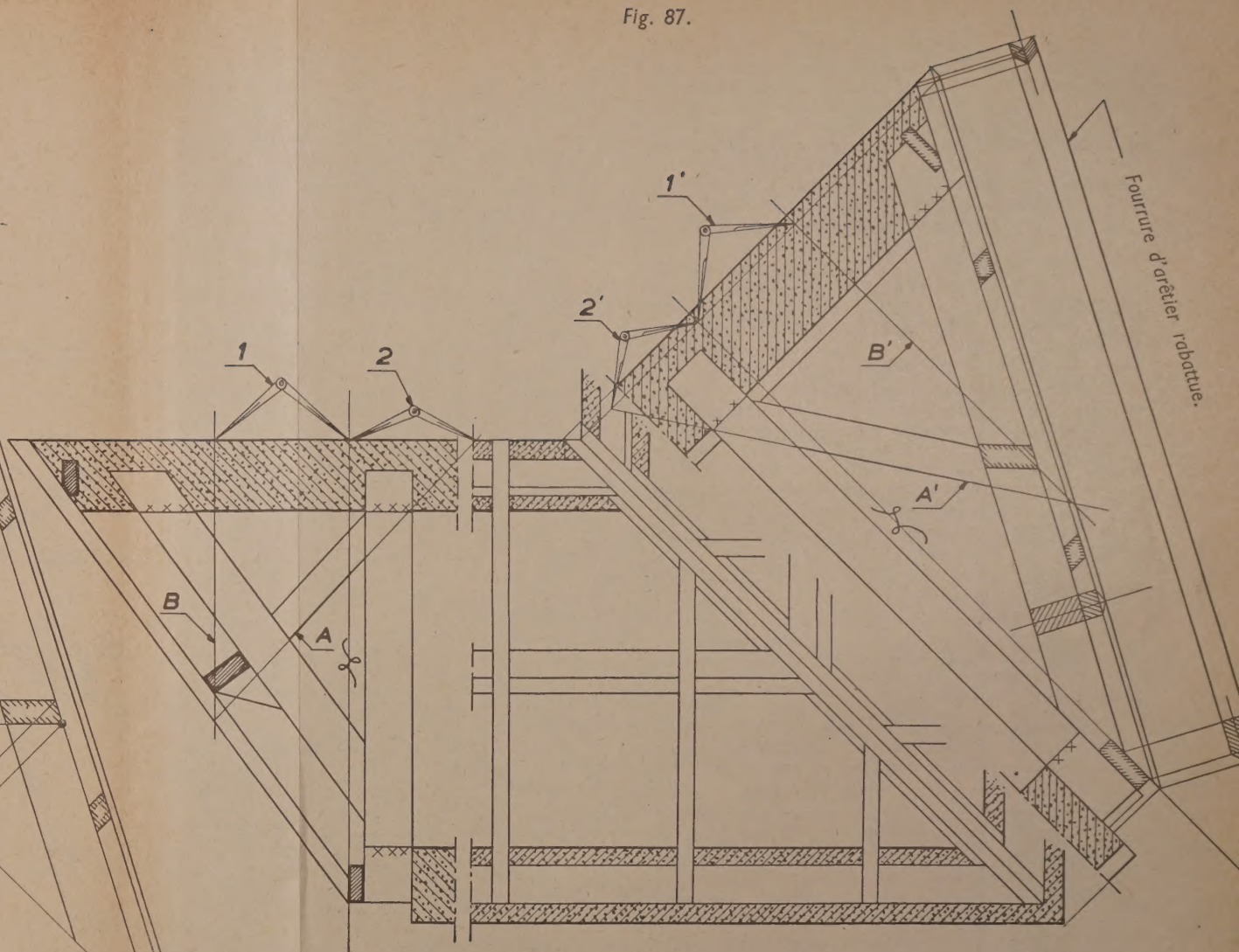


Fig. 86.

Fig. 87.



Nous remarquons aussi que la *section droite* de cet arêtier, rabattue sur lui-même, nous le montre formé de deux pièces. C'est le cas général et la fourrure que nous voyons rabattue équivaut à la chambrée des chevrons augmentée du délardement de l'arêtier.

La vraie grandeur de la demi-ferme d'arêtier étant obtenue, passons maintenant au tracé de la herse.

Cette épure que nous savons être la vraie grandeur du chevronnage placé de chaque côté de l'arêtier est obtenue par le développement des versants du comble sur un plan horizontal. Elle va nous permettre de connaître les longueurs et coupes des empanons, c'est-à-dire des chevrons venant s'assembler à la face de l'arêtier.

Tracé de la herse.

Examinons donc son tracé sur la figure 88. Afin de le mieux comprendre nous avons placé cette épure dans le prolongement de la vue de dessus, laquelle permet de placer les chevrons à leur place respective sur la herse. Nous remarquons ainsi, que l'écartement des chevrons, de même que la longueur des plates-formes sont les mêmes sur cette herse que sur la vue en plan du bâtiment. Les lignes de rappel ainsi que les compas 1 et 2 reportés en 1' et 2' nous le montrent.

Le compas 3 égal à la longueur du versant est reporté en 3'.

La vérification de la longueur de l'arêtier est effectuée au moyen des compas 4 et 4'. Son épaisseur est reportée sur la herse, comme nous l'indiquent les compas 5 et 5'. Nous obtenons sur l'épure la ligne qui limite la longueur des empanons sur l'arêtier. Cette ligne donne donc la coupe de ces derniers, c'est-à-dire la face du dessus.

Pour obtenir les lignes qui déterminent les fausses coupes du pied et de la tête des empanons, il faut tracer une seconde herse pour ainsi dire de la face du dessous de ces chevrons et la placer de telle sorte qu'elle soit en rapport avec celle du lattis du dessus. C'est ce qu'on appelle *rappporter les démaigrissements* des coupes dans les arêtiers.

On obtient cette seconde herse en effectuant deux opérations :

1° En élévation.

Renvoyer d'équerre la face du dessous des chevrons sur le lattis du dessus de ces derniers. La différence de longueur est relevée par les compas 6 et 7.

2° En herse.

Reporter ces compas qui représentent les démaigrissements du pied et de la tête en 6' et 7'. Mener par les points obtenus des lignes parallèles au premier tracé.

La herse du dessous des chevrons est établie.

Les rabattements A et B de ces pièces nous montrent leurs coupes de démaigrissement ⁽¹⁾.

Voyons maintenant la panne. Sa position en herse est obtenue par le compas 8' relevé en 8 sur l'élévation.

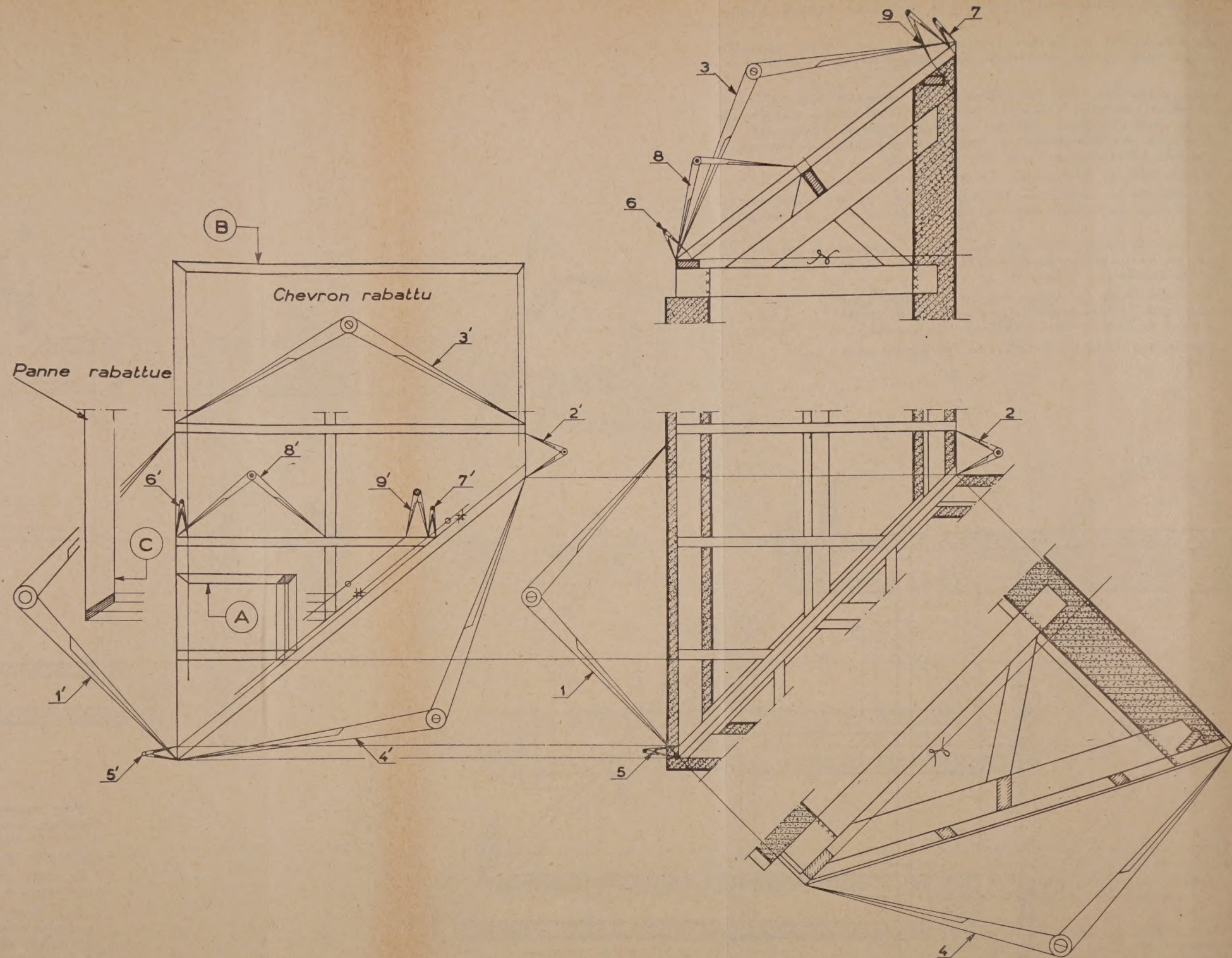
La coupe de cette panne sur sa face de dessus correspond à la ligne de la herse du dessous des empanons tracée précédemment.

Pour obtenir la ligne qui détermine sa coupe en démaigrissement à la face de l'arêtier, il suffit de rechercher la différence de longueur de cette coupe, et cela suivant une ligne aplomb. Cette différence est relevée sur l'élévation par le compas 9 et reportée en 9' suivant la longueur d'un chevron.

La ligne parallèle à l'arêtier passant par le point obtenu donne le démaigrissement.

Le rabattement C nous montre cette coupe, dite *aplomb*, de la panne à la face de l'arêtier.

⁽¹⁾ *Démaigrissement* se dit d'une coupe biale dont l'arasement à la face inférieure est en retrait sur celui de la face supérieure, cette dernière étant toujours prise comme base du tracé. Dans le cas contraire, on dit que la coupe est en *rengraisissement*.



Épure de chantier du comble simple à retour d'équerre.

Examinons maintenant l'épure de chantier, figure 89, que le praticien va effectuer sur le sol pour tracer ses pièces de bois.

Nous conserverons pour cela le même appentis dont nous avons précédemment réduit les dimensions et grossi les sections de bois.

Nous remarquons que cette épure comporte, par rapport au dessin précédent, une simplification dans la représentation des pièces de bois. Cette simplification est possible du fait que ces éléments, comme nous le savons, sont plus ou moins réguliers, mais elle oblige par contre le praticien à employer des moyens particuliers pour les tracer.

En effet, remarquons par exemple la vue en élévation de la demi-ferme normale du bâtiment; elle ne comporte que les lignes essentielles représentant les pièces de bois.

Les fausses-équerres ou sauterelles 3 et 4 relèvent les coupes de pied et de tête du chevron normal afin de pouvoir tracer par la suite toutes les coupes de niveau et d'aplomb des différents chevrons placés sur ce versant du comble.

Un niveau de dévers 5 placé sur la panne déversée de la demi-ferme comporte une ligne dirigée suivant une perpendiculaire à la ligne de trave, c'est-à-dire au plan horizontal. Ce même niveau de dévers permettra de déverser la panne comme indiqué en A.

La vue de dessus comporte la forme du bâtiment, l'épaisseur de l'arêtier ainsi que la position des pannes et des sablières. Les longueurs de ces dernières peuvent y être relevées permettant ainsi de répartir l'emplacement des chevrons qui doivent y être espacés régulièrement.

La panne aura sa coupe aplomb à la face de l'arêtier tracée sur cette épure, après l'avoir déversée au moyen du niveau de dévers. Cette panne étant mise sur ligne de façon que son arête extérieure coïncide avec la ligne de l'épure.

L'élévation de la demi-ferme d'arêtier ne comporte aussi que les lignes essentielles nécessaires à sa construction. La retombée de l'arêtier peut ne pas y figurer. Les emplacements des chevrons peuvent être remontés sur l'arêtier en partant de la vue de dessus ou bien reportés sur sa face au moyen du compas B' relevé en B sur la herse.

La herse ne comporte que les lignes formant le triangle permettant de tracer les empanons de longueur. Ces derniers couchés sur l'épure auront la coupe du pied d'équerre et celle à la face de l'arêtier tracée avec la fausse-équerre 2. C'est ainsi que l'empanon C sera tracé sur champ, c'est-à-dire sur la herse, avec l'équerre 1 et la fausse-équerre 2. Sur sa retombée ou sur plat, le tracé s'effectuera au moyen des fausses-équerres 3' et 4' relevées précédemment sur le versant du comble.

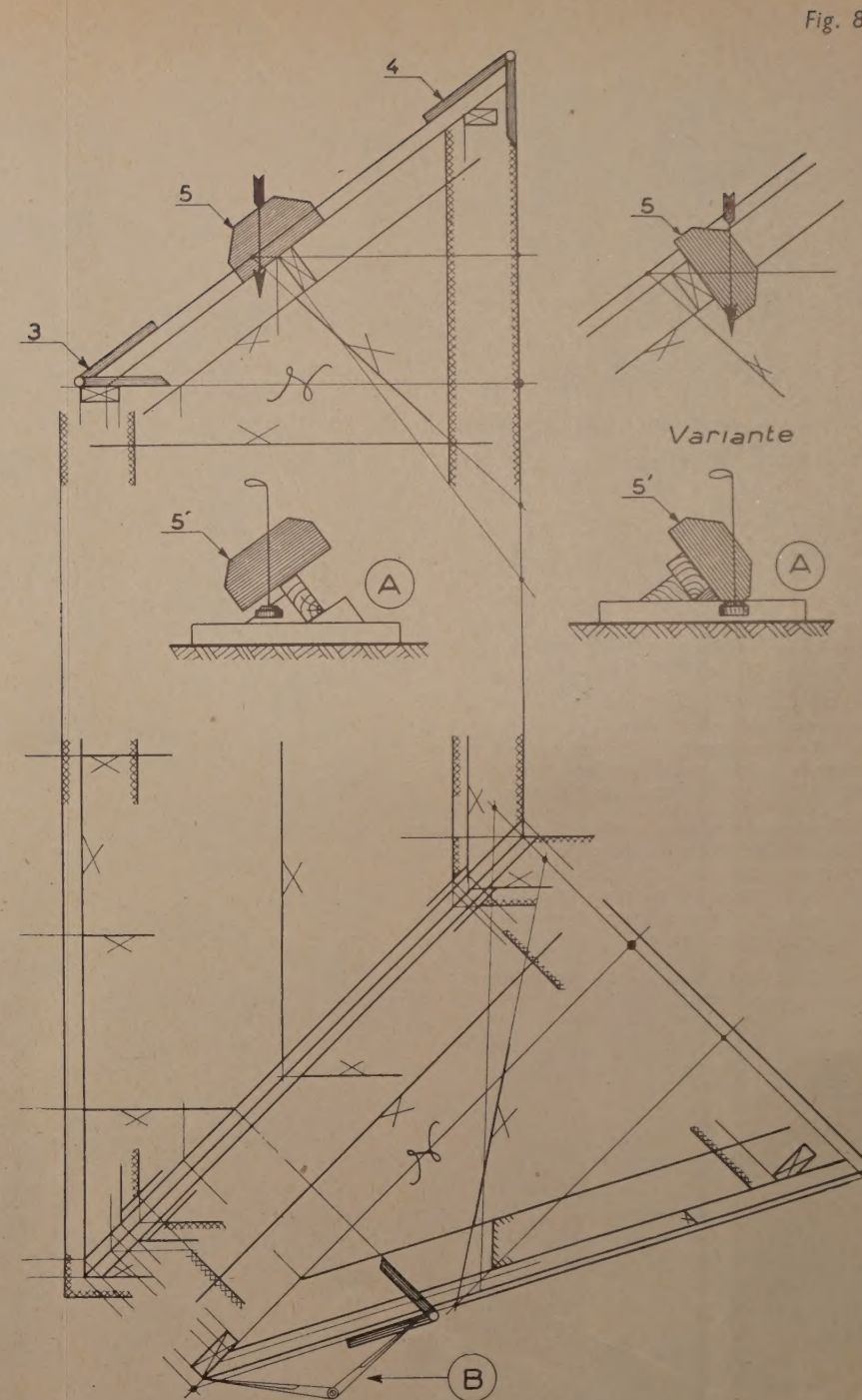
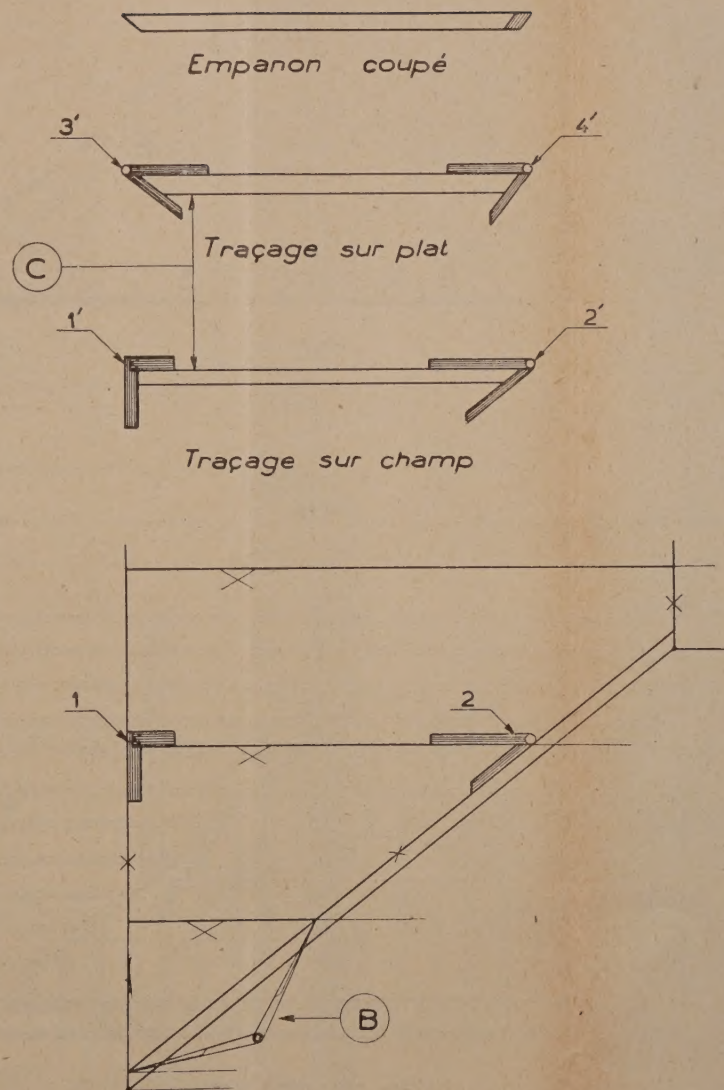


Fig. 89.

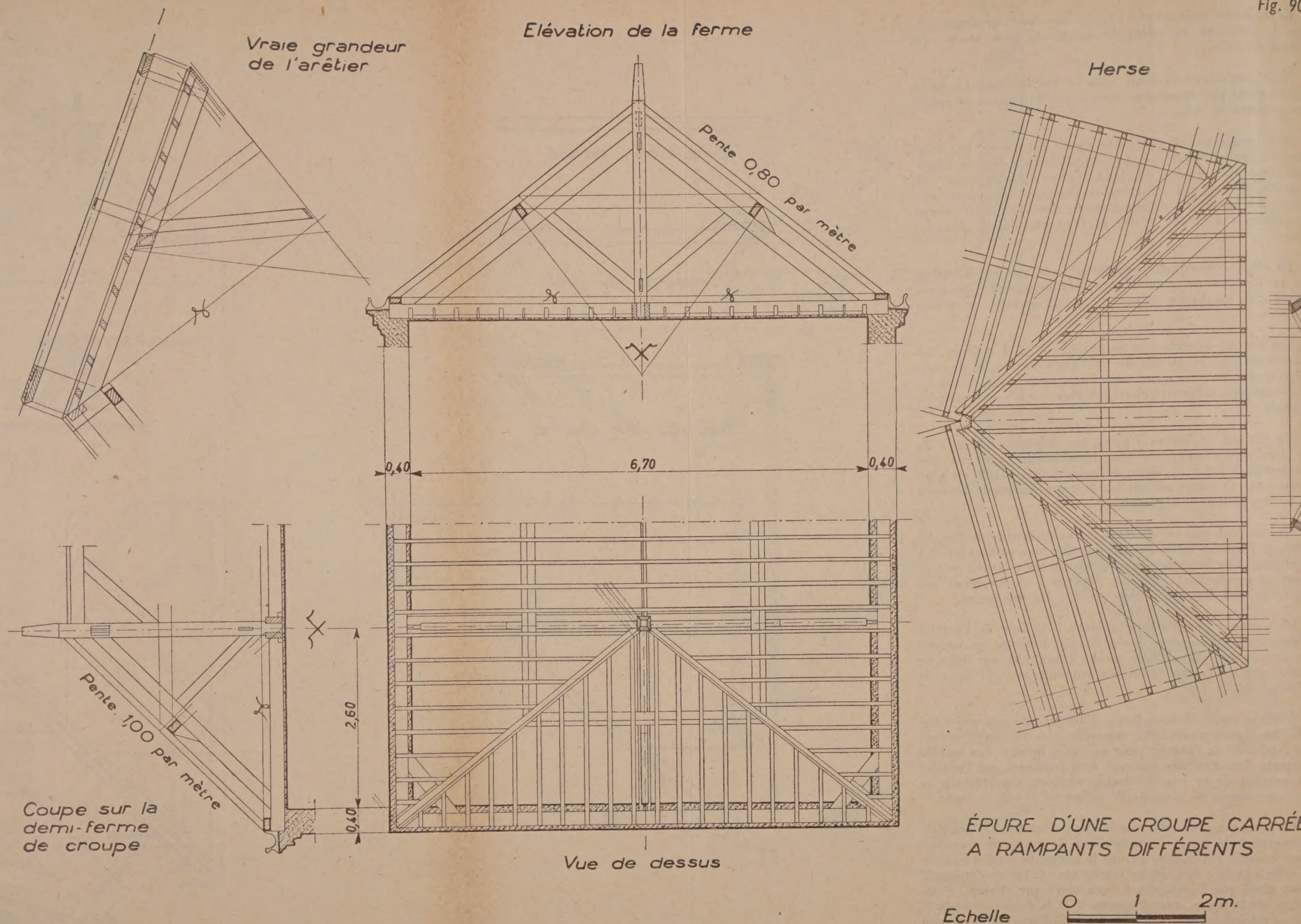
VII. — COMBLE AVEC CROUPE DROITE A RAMPANTS DIFFÉRENTS

La figure 90 représente l'épure d'une croupe dite droite ou carrée, c'est-à-dire de la partie du comble terminant l'extrémité d'un bâtiment dont les murs sont à angles droits.

Cette étude d'ensemble nous donne les différentes projections des pans de charpente et des versants constituant cette croupe. Elle permet, comme la précédente, de guider le praticien dans l'exécution de ses épures de chantier.

Elle comporte une certaine analogie avec l'épure du comble précédent du fait que nous retrouvons une étude d'arêtier, mais nous allons remarquer que cet arêtier va être différent du précédent, entraînant un tracé spécial dans l'assemblage des pannes.

C'est ce que nous allons examiner sur les épures qui suivent.



ÉPURE D'UNE CROUPE CARRÉE
A RAMPANTS DIFFÉRENTS

Étude des coupes de l'arêtier.

a) Épure donnant le tracé du délardement de l'arêtier.

Voyons tout d'abord la figure 91 représentant un bâtiment réduit et sur lequel la section de différentes pièces de bois a été volontairement grossie afin d'en étudier les coupes, plus clairement, comme précédemment.

Nous remarquons que l'arêtier vu en plan raccorde deux versants dont les pentes sont différentes. De ce fait, la ligne d'arête A ne se trouve pas placée dans l'axe de cet arêtier.

Voyons pourquoi, et comment opérer pour déterminer la position exacte de cette pièce de bois par rapport à l'arête de raccordement.

Nous savons que le champ supérieur d'un arêtier est abattu en pente, c'est-à-dire *délaré* de chaque côté de la ligne d'arête déterminée par le raccordement des deux versants. Lorsque ces deux versants ont la même pente, comme ce fut le cas dans l'appentis figure 84, cette arête en plan se trouve placée à 45°, c'est-à-dire suivant la bissectrice de l'angle des murs. Le délardement étant alors symétrique permet au praticien de placer sa pièce de bois de façon que l'axe de cette pièce corresponde à l'arête. Il en résulte par la suite que les faces aplomb de l'arêtier ont la même hauteur.

Dans le cas de la figure 91, les deux versants à raccorder n'ont pas la même pente. Si l'on plaçait l'axe de l'arêtier suivant l'arête de raccordement, on obtiendrait un délardement exagéré du côté du versant le plus rapide et les faces de cet arêtier n'auraient pas la même hauteur.

C'est ce que nous remarquons en B.

Il faut donc déporter la pièce de bois de façon que le délardement laisse à l'arêtier des faces aplomb de même hauteur. C'est ce que nous voyons en C. Dans ce cas l'arêtier est dit *dévoiyé*.

Pour obtenir ce dévoiement, il faut :

1° Tracer un trait carré, c'est-à-dire un trait d'équerre au pied de cet arêtier, sur le sommet de l'angle formé par les sablières, c'est-à-dire à l'extrémité de l'arête de raccordement en plan;

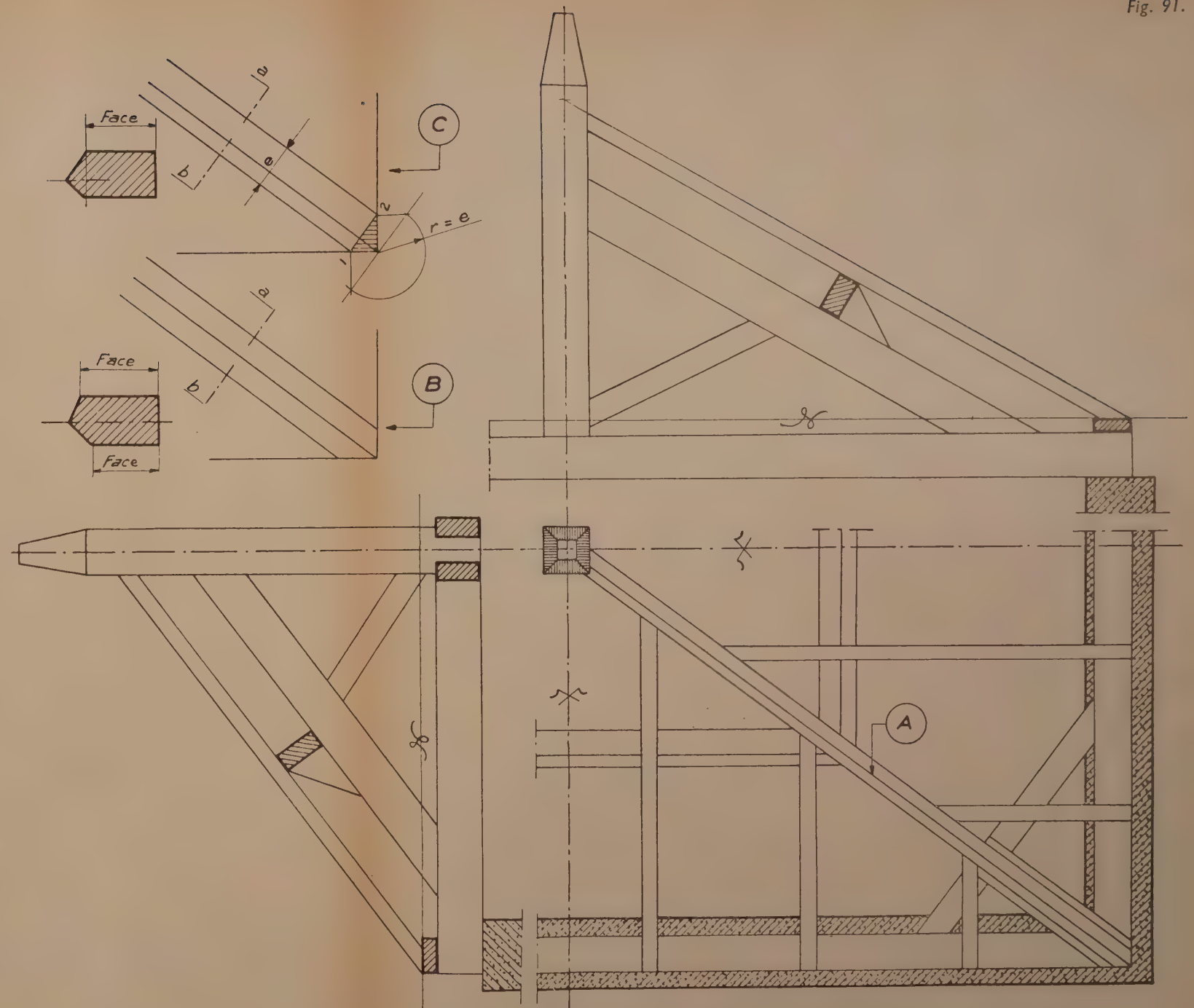
2° Porter sur ce trait, et de chaque côté du sommet de l'angle, l'épaisseur que l'on veut donner à l'arêtier;

3° Renvoyer parallèlement aux côtés de l'angle, et sur ces derniers, les deux points obtenus;

4° Les points 1 et 2 ainsi trouvés déterminent l'épaisseur de l'arêtier dévoyé. Il n'y a qu'à mener des parallèles à l'arête de raccordement.

La réunion des points 1 et 2 fait apparaître un petit triangle qui est égal aux deux autres, tracés précédemment, en bout de l'arêtier.

Ce triangle, hachuré en C, est la projection en plan du délardement de l'arêtier.



b) Épure donnant le tracé de l'engueulement de l'arêtier sur le poinçon par rembarrement.

Passons maintenant à la figure 92. Elle nous montre la vraie grandeur de l'arêtier ainsi que son engueulement, c'est-à-dire sa coupe en tête sur le poinçon.

Nous ne reviendrons pas sur l'opération concernant le changement de plan, effectué en vue d'obtenir l'élévation de l'arêtier; le compas 1, reporté en 1', nous indique la marche à suivre. Toutefois, nous insisterons sur les deux points caractéristiques de cette épure qui complètent l'étude que nous avons déjà faite sur l'arêtier.

1° La retombée de cet élément suivant A'' est moins forte que celle de l'arêtier de l'appentis figure 85. Elle est obtenue ici en remontant en A' sur la ligne de trave de l'arêtier, la chambrée de panne A, prise à son intersection en plan avec la ligne d'arête de l'arêtier.

Cette particularité dans la retombée de notre arêtier va nous amener dans la prochaine épure à rechercher la coupe spéciale de la panne à sa jonction sur cet arêtier.

2° Son engueulement en tête sur le poinçon nous oblige à la recherche de lignes permettant d'obtenir cette coupe.

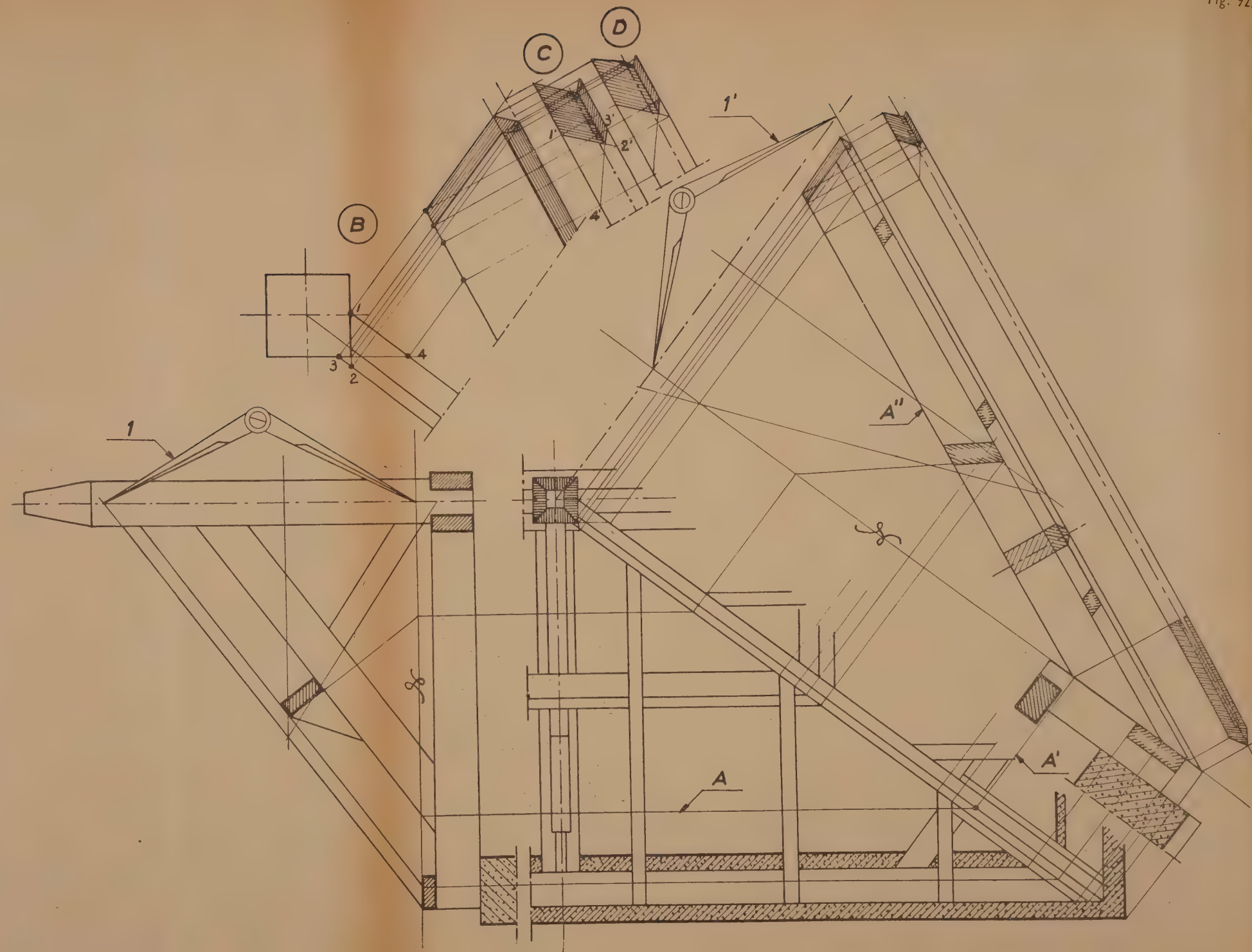
Voyons pour cela l'épure agrandie en B :

En premier lieu apparaît en plan la jonction de l'arêtier sur le poinçon. Remarquez que les faces de ce dernier sont prolongées sur celles de l'arêtier en 1, 2, 3, 4.

Ces points sont ensuite remontés sur l'élévation de cet arêtier, permettant ensuite d'obtenir les coupes en vraie grandeur de cet élément.

En effet, en rembarrant, comme on dit en terme de métier, c'est-à-dire en joignant le point 1 à 2 et 3 à 4 sur le champ du dessous de l'arêtier, nous voyons apparaître sa coupe en C. Cette figure nous montre l'engueulement tracé avant le délardement de l'arêtier.

L'épure D nous montre ce dernier, tracé après son délardement. Nous remarquons alors que la coupe du dessus est différente de celle du dessous.



Épure donnant le tracé des coupes des empanons et des pannes.

Abordons maintenant la figure 93 et remarquons particulièrement l'épure de la herse qui donne les différentes coupes des empanons et des pannes en opérant par rembarrement, c'est-à-dire en joignant les points obtenus sur deux faces opposées des pièces de bois.

Nous suivrons facilement la construction proprement dite de la herse en nous reportant aux différents compas.

Insistons cependant sur la recherche de la coupe spéciale de la panne qui comporte une *barbe* sous l'arêtier, c'est-à-dire un prolongement découpé suivant le dévers de ce dernier.

En effet, le dessous de cet arêtier étant ici en retrait par rapport au-dessous de la panne (la retombée du premier étant insuffisante pour permettre l'affleurement du dessous des deux pièces de bois) amène le charpentier à assembler cette panne de façon qu'une certaine partie, appelée *barbe*, se prolonge sous l'arêtier et rattrape l'insuffisance de largeur de ce dernier. C'est ce que nous montre en A la perspective de cet assemblage.

Examinons donc le tracé de cette barbe, telle que cette dernière nous apparaît en herse, sur le versant B du comble.

1^o Reportons-nous à l'épure C, que nous avons sortie de la vue en plan pour plus de compréhension. Elle représente le base d'appui de l'arêtier et fait apparaître par le croisillon des alignements des faces et dessous de l'arêtier, la barbe de la panne projetée sur le plan horizontal. Cette barbe est ainsi déterminée en plan par les points 1, 3-2 et 4.

2^o Porter ces points en herse à leur place respective. Les points 1 et 4 se trouvent placés sur la face de dessus de la panne. Ils sont portés en herse en 1' et 4' sur la ligne de démaigrissement D' du pied du chevron représentant aussi le dessus de la panne.

Le compas 3 relevé sur l'élévation et reporté en 3' détermine cette ligne et le compas 6 relevé en plan, détermine en 6' le point 1'.

Les points 2 et 3 se trouvent placés sur la face de dessous de la panne. Ils sont portés en 2' et 3' sur la ligne E' mise en herse au moyen du compas 4' relevé sur l'élévation en 4.

Par les points 1', 2'-3' et 4', il suffit maintenant de mener des parallèles à l'arêtier en herse pour obtenir les lignes représentant les herses successives de la chambrée des chevrons, de la panne et du dessous de l'arêtier.

Ces lignes tracées sur les faces des pièces de bois et rembarrées donnent la coupe aplomb et la barbe de la panne ainsi que les coupes de tête et de pied des empanons

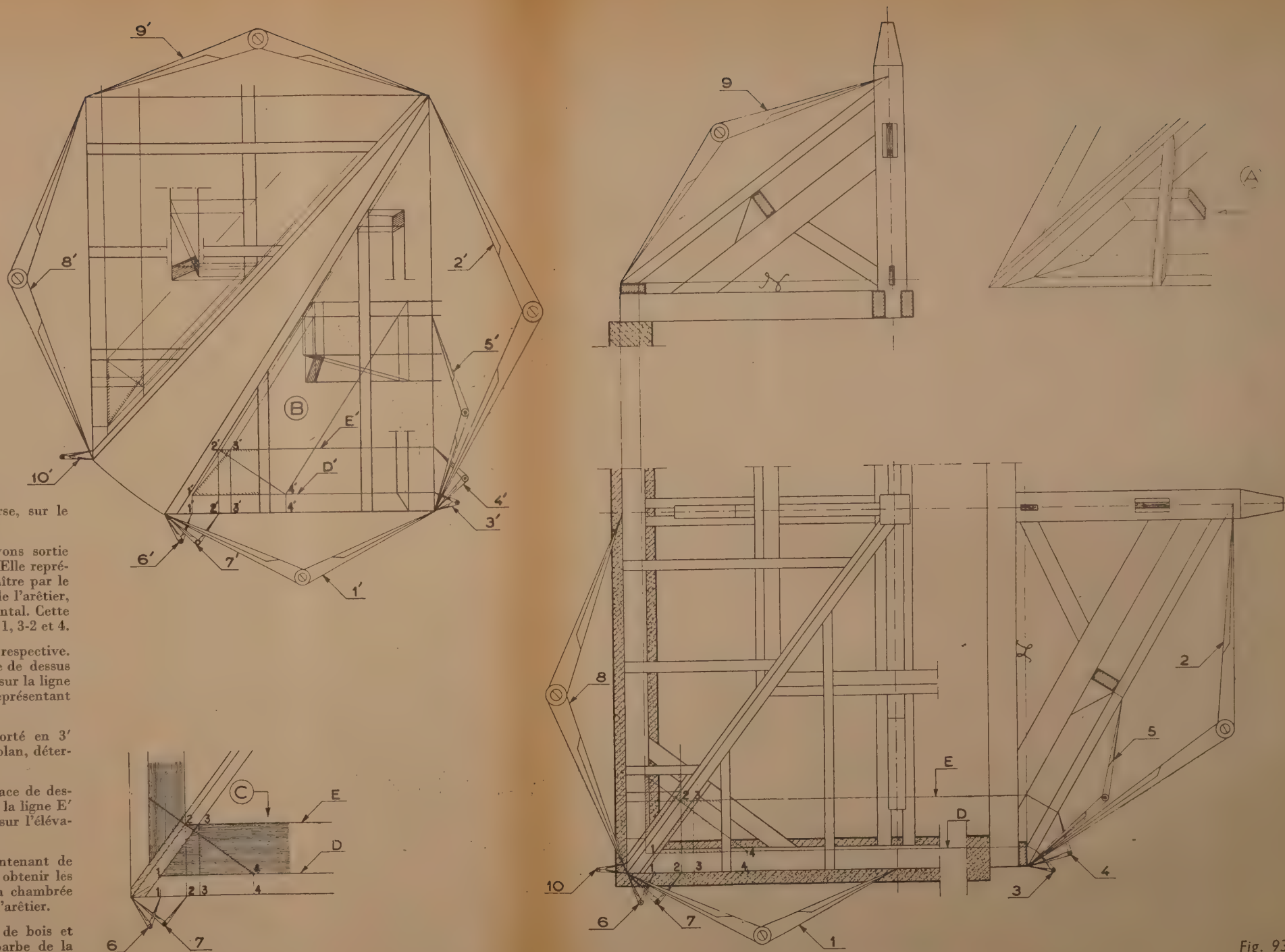


Fig. 93.

La figure 94 nous montre l'épure de chantier du comble représenté figure 90. Comme précédemment pour l'appentis, le praticien a recours à des simplifications par rapport au dessin d'étude, mais il va aussi employer des moyens particuliers pour tracer ses pièces de bois.

Épure de chantier d'une croupe carrée à rampants différents.

L'élévation de la ferme de croupe comporte les lignes essentielles indiquant les différents éléments. Remarquons les sauterelles 1 et 2 placées de façon à relever les coupes de tête et de pied des chevrons de long-pan. Elles serviront par la suite pour tracer toutes les coupes d'aplomb et de niveau des chevrons et empanons placés sur les deux versants du comble. Le niveau de dévers 3 placé suivant le lattis de la panne de cette ferme permettra de la déverser en plan afin de tracer la coupe à la face de l'arêtier.

La demi-ferme de croupe comporte les mêmes particularités. La pente étant différente de celle des versants, les fausses équerres 4 et 5 permettront de tracer les coupes aplomb et de niveau des empanons. Le niveau de dévers 6 permettra de déverser la panne de croupe.

Sur la vue de dessus, nous voyons apparaître la forme du bâtiment, les axes de la ferme et de la demi-ferme de croupe, la trace des arêtiers et leur épaisseur après dévoisement, la longueur des sablières, ainsi que la répartition des chevrons qui peut y être effectuée.

Les pannes y sont représentées par leur ligne d'arête extérieure. Elles seront déversées sur cette épure au moyen des niveaux 3 et 6 de façon à être placées en coïncidence avec ces lignes pour tracer leur coupe aplomb à la face des arêtiers.

Le niveau de dévers 7 posé sur le poinçon en plan comporte deux flèches qui sont perpendiculaires l'une et l'autre à la trace de l'arêtier. Ce niveau permet de déverser le poinçon au moment de son établissement avec l'arêtier, comme nous le remarquons en A.

Cette figure représente aussi l'arêtier, son établissement avec le poinçon, la contre-fiche et le sabot au pied. Ces pièces de bois sont placées sur l'épure qui est similaire à celle de gauche.

Enfin la herse apparaît, avec les lignes représentant la face de chaque pièce. Cette épure permet, comme nous le savons, de tracer tous les empanons de cette croupe. Cette herse, qui est écartée ici de l'épure en plan, afin d'éviter la confusion des lignes, se trace généralement sur le plan même du bâtiment.

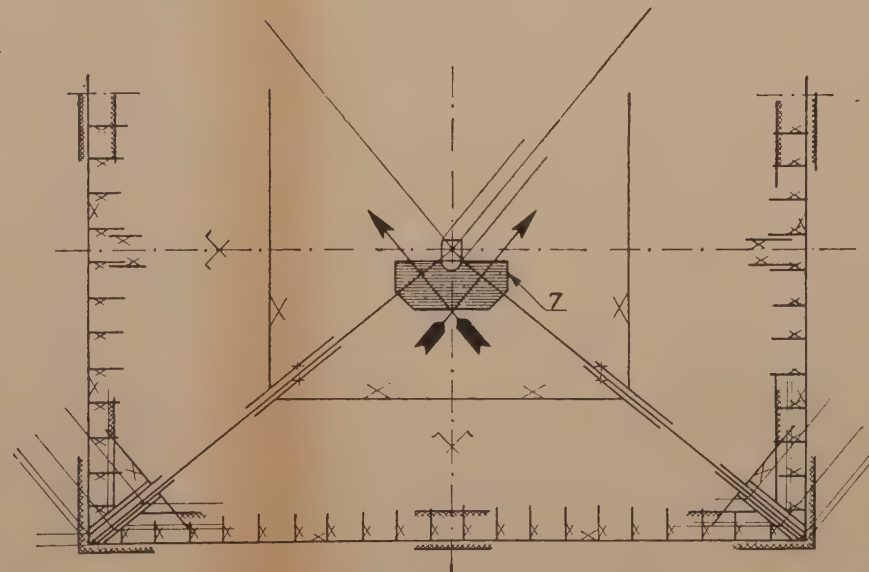
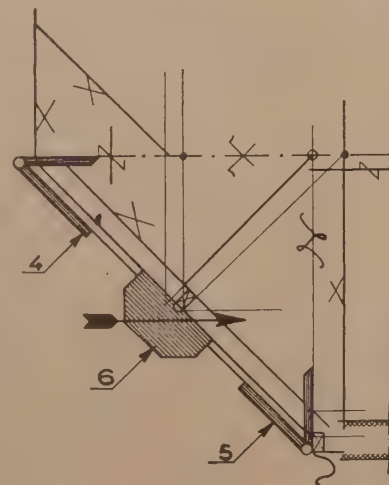
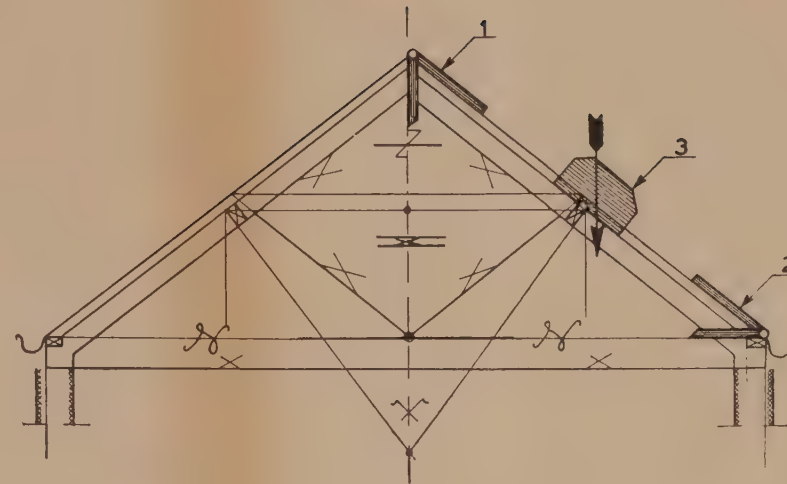
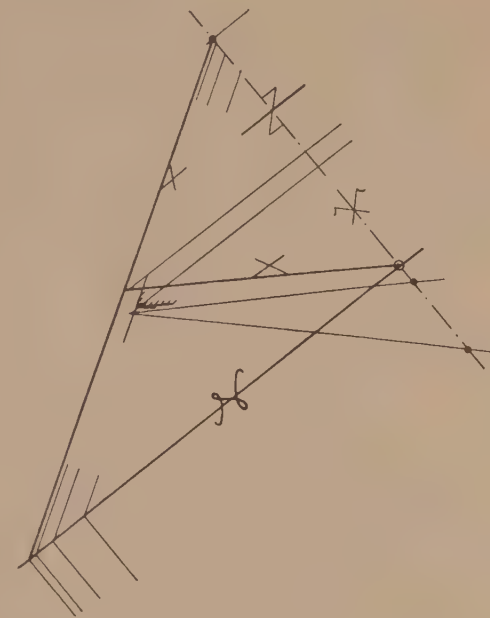
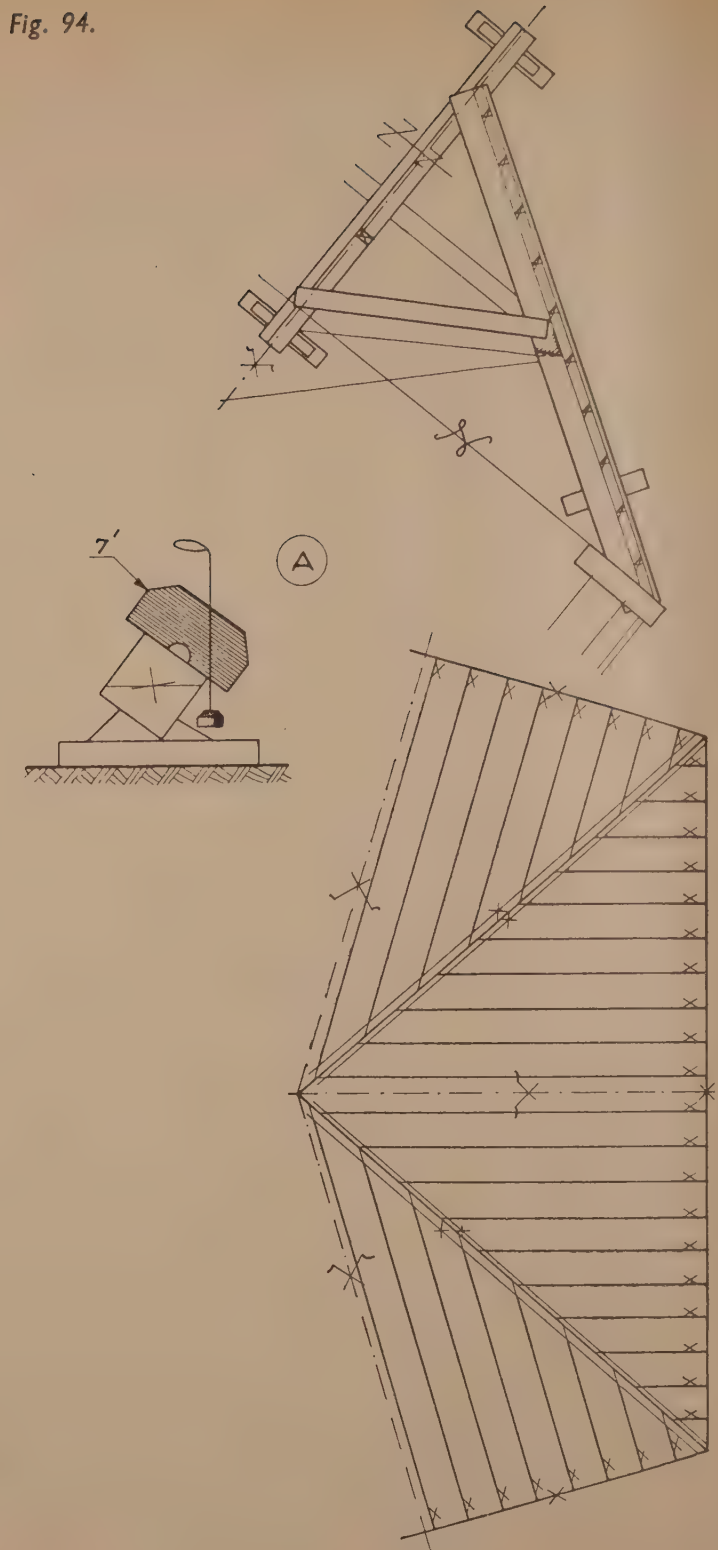


Fig. 94.



VIII. — COMBLE COMPORTANT UNE CROUPE BIAISE

La figure 95 nous montre le dessin d'une croupe d'un bâtiment dont les murs ne se retournent pas à angles droits. Cette particularité donnant un biais à l'extrémité du comble oblige le charpentier à rechercher des tracés plus compliqués pour lui permettre l'assemblage des pièces de bois de cette croupe.

Cette étude d'ensemble donne les différentes projections de pans de charpente de ce bâtiment.

Le retroussement de l'entrait, donnant un dégagement dans le comble, permet d'utiliser ce dernier pour des usages parfois tout autres que ceux à entrait sur murs.

Nous n'entrerons pas, bien entendu, dans l'analyse statique, ni dans les détails d'assemblage de cet ensemble, notre étude étant avant tout une application du trait de charpente.

Dans cette étude nous distinguons :

1° La vue de dessus ou plan du chevronnage. C'est aussi la vue initiale qui nous donne la forme du bâtiment, la disposition des fermes, de la demi-ferme, des arêtiers dont la longueur est différente, des pannes et sablières et enfin des chevrons. Nous remarquerons d'une façon particulière que ces derniers sont toujours placés d'équerre aux sablières, permettant ainsi de les utiliser sans modifier leur forme rectangulaire. Par contre, la demi-ferme de croupe, située dans l'axe, n'est pas parallèle à ces chevrons, donc n'est pas placée perpendiculairement au mur d'extrémité. Cette condition va poser un problème nouveau que nous examinerons par la suite.

2° L'élévation de la ferme de croupe nous donne la vraie grandeur des différentes pièces de bois qui entrent dans sa composition.

3° La demi-ferme de croupe, qui tout en donnant la vraie grandeur de ses différents éléments oblige à rechercher le décalardement à effectuer sur le dessus de son arbalétrier. Ce cas particulier va être examiné dans l'épure suivante.

4° Les changements de plan permettent d'obtenir la vraie grandeur de chaque arétier.

5° La herse qui permet de déterminer les longueurs et les coupes des empanons, ainsi que la coupe des pannes.

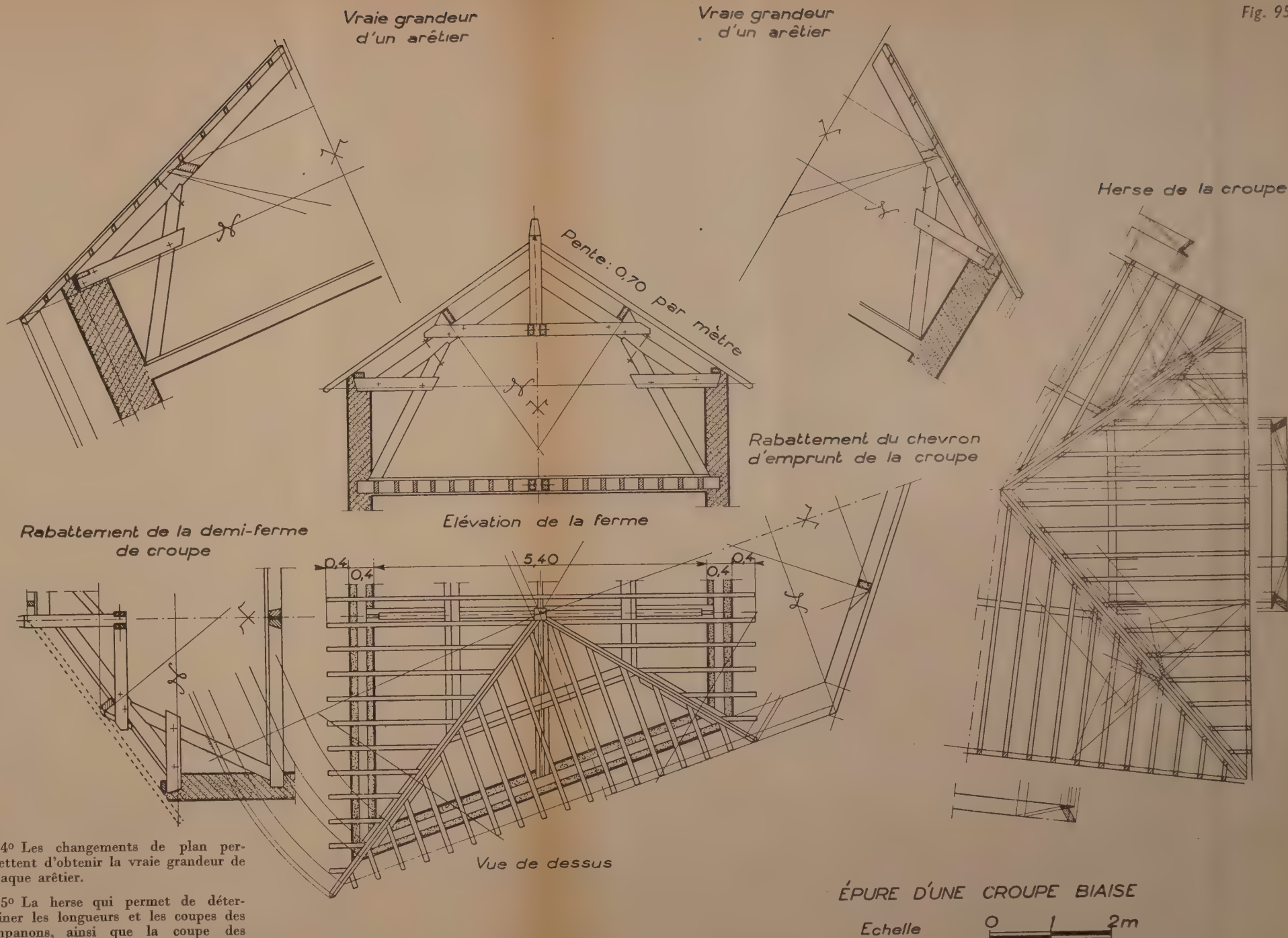


Fig. 95.

Épure donnant le délardement de l'arbalétrier de la demi-ferme de croupe et la rampe du chevron d'emprunt (ligne de plus grande pente) de cette croupe.

Avant d'aborder l'épure de chantier concernant cet ouvrage, examinons sur la figure 96 le cas de la demi-ferme de croupe.

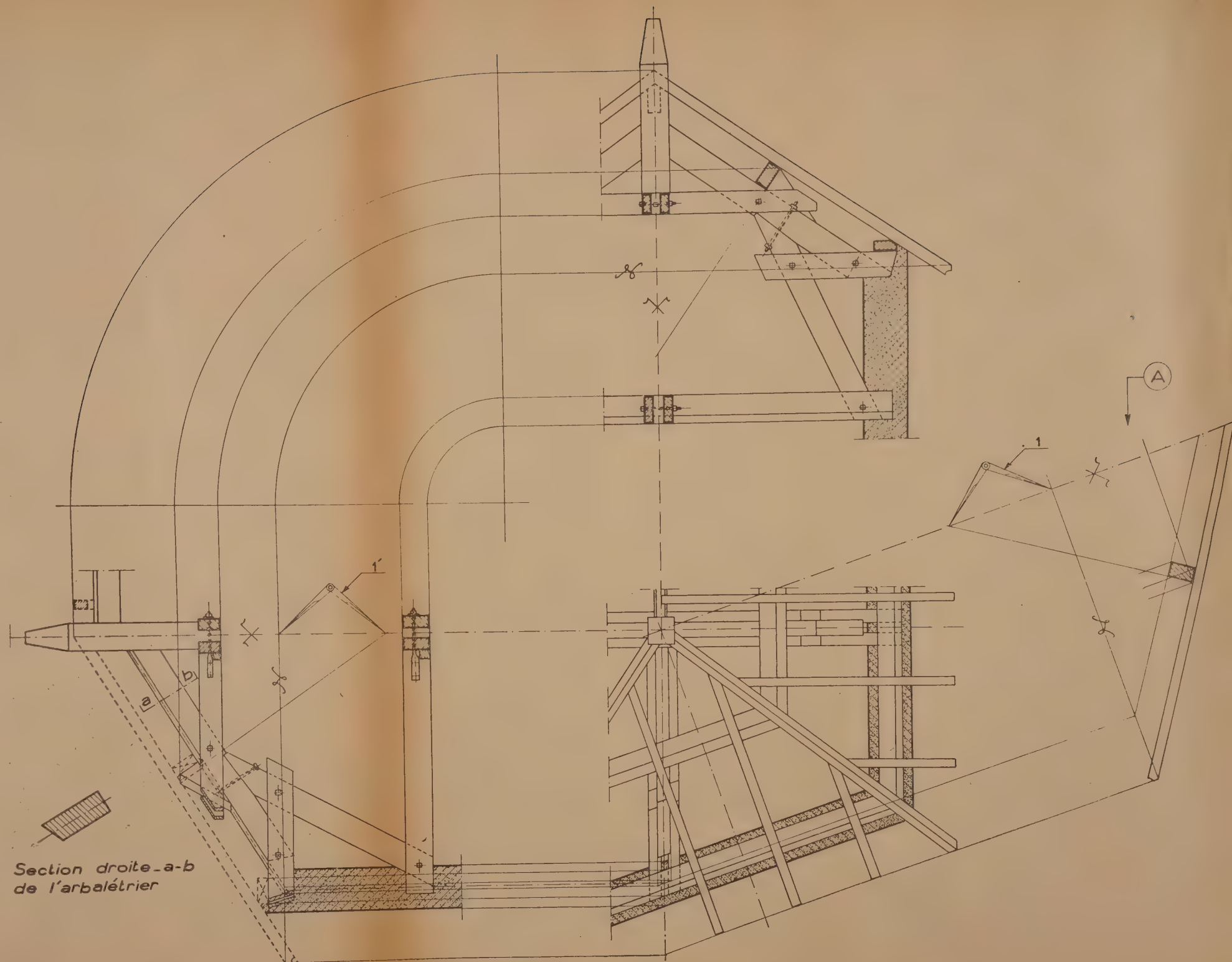
Cette demi-ferme, n'étant pas parallèle aux différents éléments qu'elle supporte, doit avoir l'arbalétrier *délardé*, c'est-à-dire qu'il doit comporter une pente sur la face de dessus. L'échantignole qui s'y applique doit être taillée en conséquence.

Le délardement est donc obtenu à l'appui de l'épaisseur de l'arbalétrier en plan et d'après la grandeur de l'angle qu'il forme avec le mur d'extrémité. Les lignes de rappel nous montrent sur l'épure la façon d'obtenir ce délardement.

Une autre recherche à effectuer pour obtenir la rampe de la panne sur cette demi-ferme est celle du *chevron d'emprunt*, c'est-à-dire de la ligne de plus grande pente de cette croupe.

En effet, la panne n'étant pas projetée perpendiculairement sur la demi-ferme ne peut s'y trouver en vraie grandeur. Il faut donc rechercher la projection normale de cette panne pour obtenir sa rampe. C'est donc l'épure en A du chevron d'emprunt qui permettra de trouver cette rampe. Le compas 1 reporté en 1' sur la projection de la demi-ferme donnera le point de la rampe à obtenir pour tailler l'échantignole.

Section droite a-b
de l'arbalétrier



Épure de chantier d'une croupe biaise.

La figure 97 nous montre maintenant une épure de chantier pouvant être utilisée lors du tracé des pièces de bois de la croupe biaise.

De nouvelles simplifications par rapport au dessin d'études nous apparaissent. Nous en profiterons pour les développer dans les épreuves suivantes.

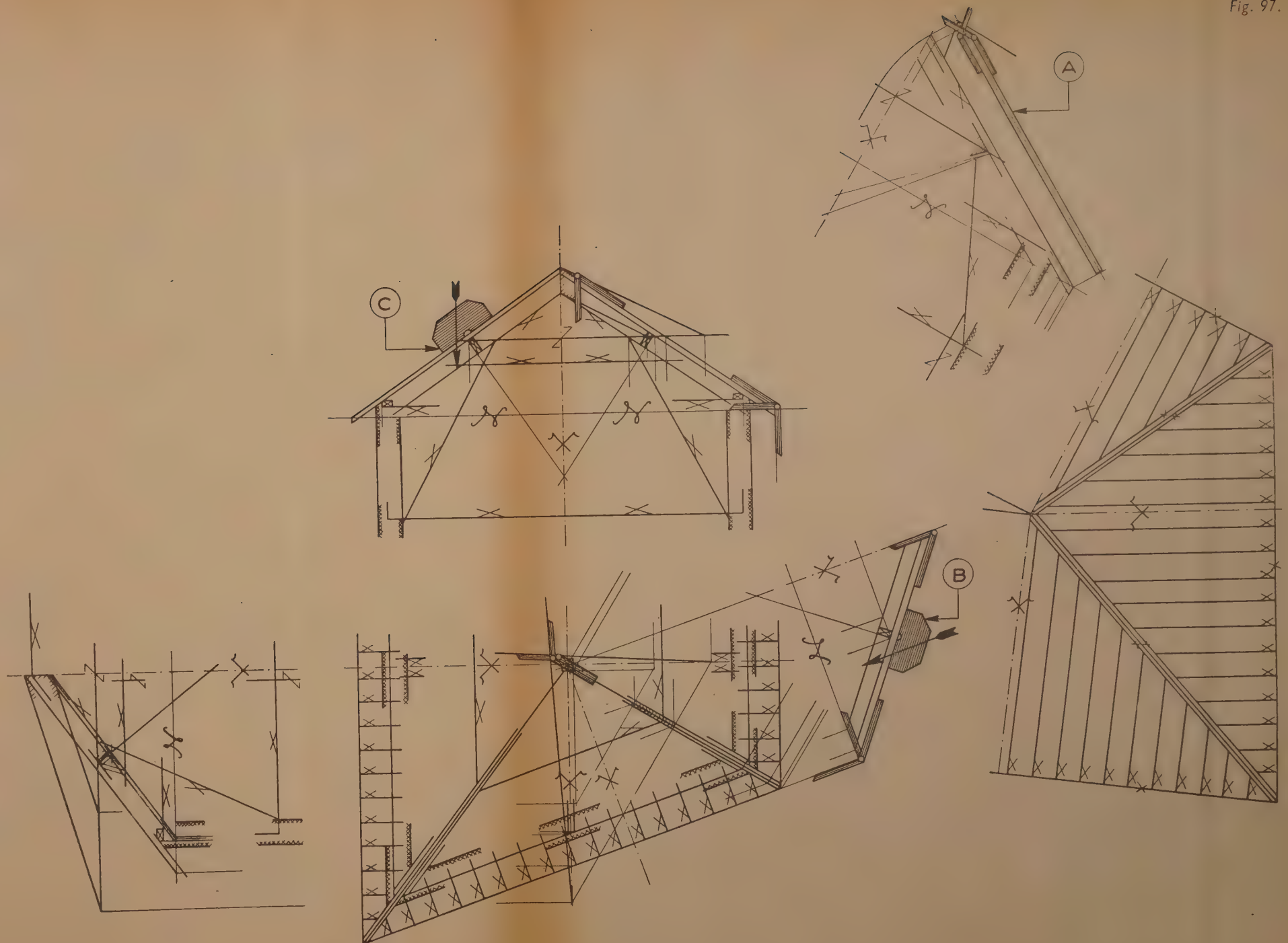
La vue en plan nous donne la forme du bâtiment ainsi que les différentes pièces de bois représentées soit par leur axe, soit par leur face, soit par leur épaisseur comme les arêtiers par exemple. Nous remarquons cependant deux fausses-équerrres placées presque sur le poinçon; elles relèvent l'angle d'engueulement de l'arétier et permettront de le tracer tel que nous le voyons, rabattu près de son élévation en A, c'est-à-dire d'une autre manière que celle par piquage précédemment examinée.

En ce qui concerne la panne de cette croupe, elle sera établie en plan au moyen du niveau de dévers relevé en B sur le chevron d'emprunt. Les fausses équerrres placées comme nous le voyons, sur ce chevron d'emprunt, permettront de tracer les coupes aplomb et de niveau des empanons de la croupe.

L'élévation de la ferme de croupe permet la mise sur ligne des différentes pièces de bois. Le niveau de dévers paru en C permet de déverser les pannes de long-pan. Les fausses équerrres relèvent les coupes aplomb et de niveau des chevrons et empanons de long-pan.

D'autres lignes apparaissent en tête du poinçon; il en est ainsi sur la demi-ferme de croupe. Elles permettent de tracer sur ce même poinçon l'emplacement de l'arétier coupé à la sauterelle.

Enfin la herse permet le tracé des empanons de croupe et de long-pan.



Épure relative à l'engueulement de l'arêtier sur le poinçon tracé en employant la fausse équerre.

Examinons sur la figure 98 les tracés spéciaux relatifs à l'arêtier. Nous savons que dans les épures précédentes cet arêtier était tracé par piquage sur son élévation après avoir déversé le poinçon. Nous avons donc convenu, dans cette épure, de tracer son engueulement sans avoir recours à la mise sur ligne du poinçon et en employant la fausse équerre.

Il est donc nécessaire dans ce cas-là de rechercher :

1° L'angle formé par cet engueulement sur la face de dessus de l'arêtier avant son délardement.

2° L'emplacement sur le poinçon de cet arêtier.

Pour trouver la vraie grandeur de cet angle d'engueulement, c'est-à-dire l'angle droit déformé du poinçon, et afin d'éviter de grands tracés, nous allons opérer par emprunt, c'est-à-dire par similitude.

En partant du point O emprunté, il suffit de rabattre en plan la longueur de l'arêtier en élévation. Les points O', A' sont obtenus en plan. Chercher en O' la trace du plan passant par la face de dessus de cet arêtier. Les points de jonction B et C de cette trace avec les axes du poinçon prolongés joints au point A' donnent l'angle d'engueulement.

Il n'y a plus qu'à relever chaque face de cette coupe avec une fausse équerre, comme nous le montre la figure.

Ces fausses équerres, reportées sur la vraie longueur de l'arêtier relevée sur son élévation, permettent de tracer l'engueulement.

Voyons maintenant le tracé de l'emplacement de cet arêtier sur le poinçon. Nous allons emprunter pour cela le tracé précédent en considérant la même longueur d'arêtier.

En effet, en partant de O' sur le plan horizontal, nous considérons que la trace du plan passant par le dessus de l'arêtier avant délardement coupe l'axe du poinçon prolongé en C et B.

C remonté en C' sur l'élévation et une ligne allant de ce point au sommet du comble nous donne le dessus de l'arêtier avant délardement. Ce délardement détermine sur le poinçon une ligne de niveau située en rapport avec le dessus du chevron.

Il en est ainsi du point B remonté en B' par le rabattement de la demi-ferme de croupe, pour obtenir l'emplacement de l'arêtier sur l'autre face du poinçon.

L'emplacement du dessous de l'arêtier est ensuite obtenu, en considérant d'abord la base du pied de l'arêtier en plan, au point d'emprunt O'.

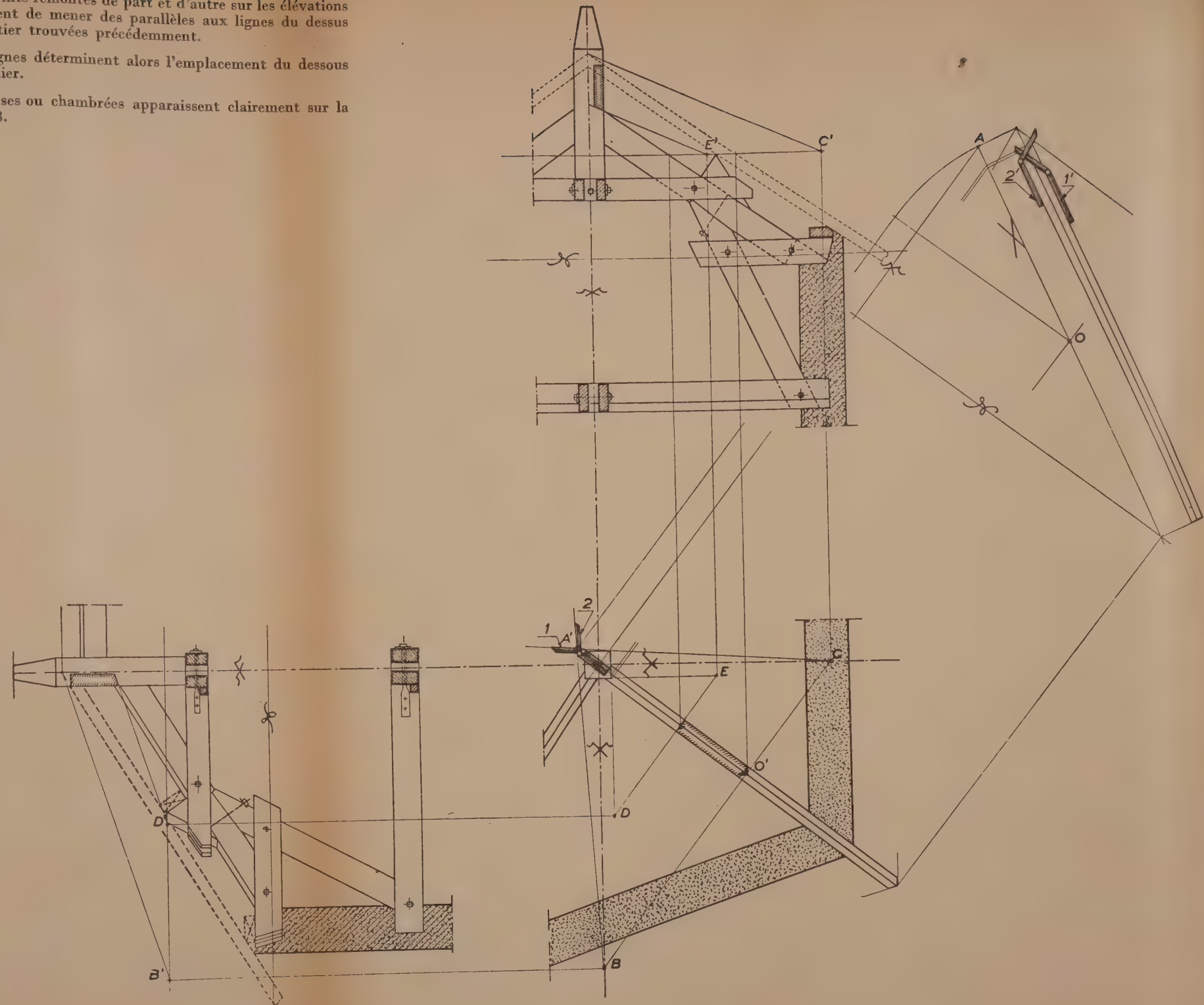
Rechercher ensuite les points de jonction D et E de la trace d'un plan passant sous l'arêtier avec les faces prolongées du poinçon.

Ces points remontés de part et d'autre sur les élévations permettent de mener des parallèles aux lignes du dessus de l'arêtier trouvées précédemment.

Ces lignes déterminent alors l'emplacement du dessous de l'arêtier.

Ces cases ou chambrées apparaissent clairement sur la figure 98.

Fig. 98.



Épure donnant le tracé des coupes de la panne sur l'arêtier (coupe sur le dessus de la panne, coupe de démaigrissement de la panne et coupe de la barbe de la panne sous l'arêtier).

La figure 99 montre le tracé, à la fausse équerre, des coupes de la panne sur l'arêtier.

Ces différentes coupes, que nous avons étudiées précédemment par rembarrement, sont recherchées ici d'une autre façon plus pratique.

Voyons d'abord comment obtenir la coupe sur le dessus de la panne et figurée par la sauterelle 1. Il faut en premier lieu rabattre cette panne sur le plan horizontal. Cela revient à la placer en herse sur ce plan.

Déterminer ensuite la longueur de son arête supérieure en remontant d'équerre sur ce rabattement la longueur de cette même arête parue en plan.

Joindre ce point, à la jonction A sur la face de l'arêtier, de la trace du dessus de la panne.

La ligne obtenue est la direction de la lame de la fausse équerre.

En ce qui concerne la coupe de démaigrissement de cette panne figurée par la fausse équerre 2, il faut :

1° Rabattre en plan la face de dévers de cette panne;

2° Déterminer la longueur de son arête supérieure en remontant d'équerre sur ce rabattement, la longueur de cette même arête parue en plan;

3° Chercher la jonction B de la trace du dévers de cette panne avec la face de l'arêtier en plan;

4° Joindre ce point à celui limitant la longueur de l'arête supérieure; la ligne obtenue donne la direction de la lame de la fausse équerre.

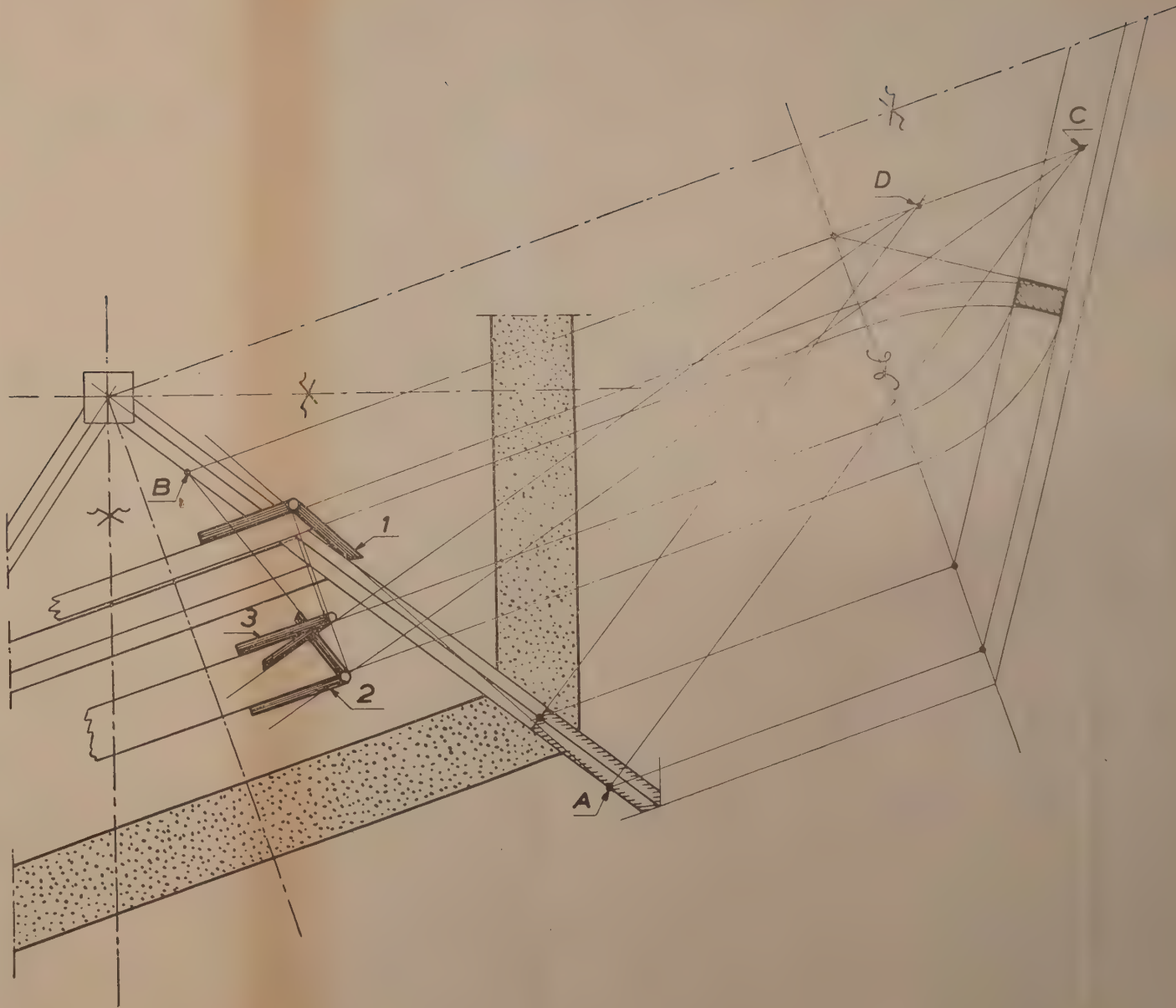
Pour obtenir la coupe de la barbe sous l'arêtier, suivant la fausse équerre 3, il faut :

1° Figurer en plan la base d'appui ou pas de l'arêtier (partie hachurée sur l'épure);

2° Déterminer sur la trace du dévers de la panne l'occupation de la chambrée de panne : points C et D;

3° Joindre C à l'arête supérieure de la panne rabattue et mener par D une parallèle à cette ligne. Cette dernière nous donne la direction de la lame de la fausse équerre.

Fig. 99.



IX. — COMBLES SE RACCORDANT

Comble en avant-corps nécessitant une noue.

La figure 100 représente l'épure d'un comble destiné à un bâtiment qui comporte plusieurs corps, amenant ainsi une disposition particulière de la charpente.

En effet, les deux parties du bâtiment qui se rencontrent en plein, et qui ont leur faitage à la même hauteur, viennent pénétrer l'une dans l'autre. Cette rencontre des versants de l'avant-corps avec ceux du corps principal forme deux angles rentrants pour lesquels le charpentier établit spécialement des pièces de bois appelées *noues*.

Cette étude d'ensemble nous donne les projections des différents pans de charpente entrant dans cette construction.

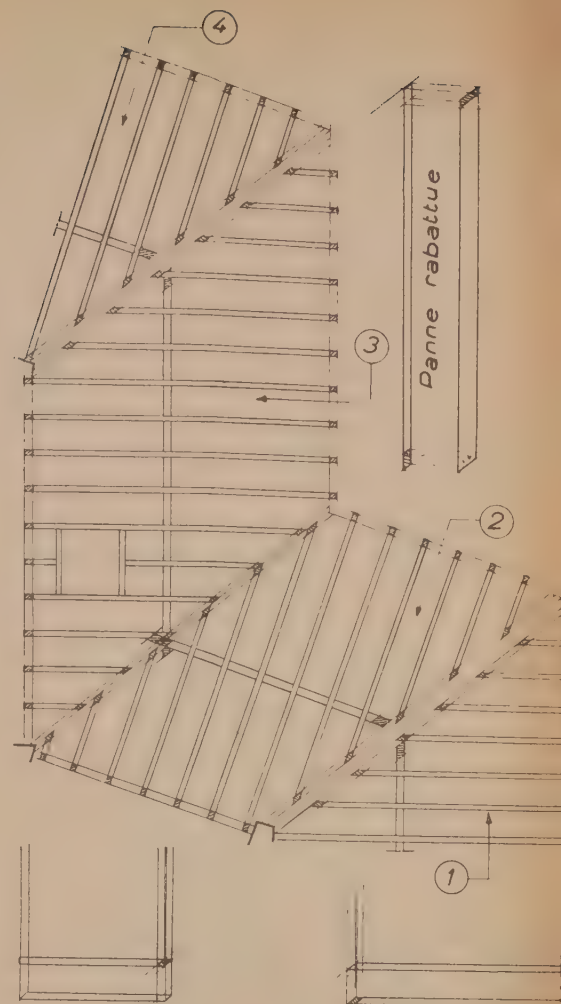
La vue en plan nous montre la forme du bâtiment, la disposition des fermes, des noues, des arêtiers, des pannes, des sablières et des chevrons.

L'élévation des différentes fermes nous donne la vraie grandeur de leurs différents éléments.

Les changements de plan concernant les noues et les arêtiers nous donnent la vraie grandeur de ces divers pans de charpente.

La herse nous donne la longueur de chaque empanon dans les différents versants représentés.

Ce dessin étant avant tout une étude d'ensemble va nous conduire à rechercher dans les épures suivantes les différents tracés relatifs à l'étude particulière des *noues* et des *empanons*.



COMBLE SUR BATIMENT AVEC
AVANT-CORPS

Echelle 1 2 m.

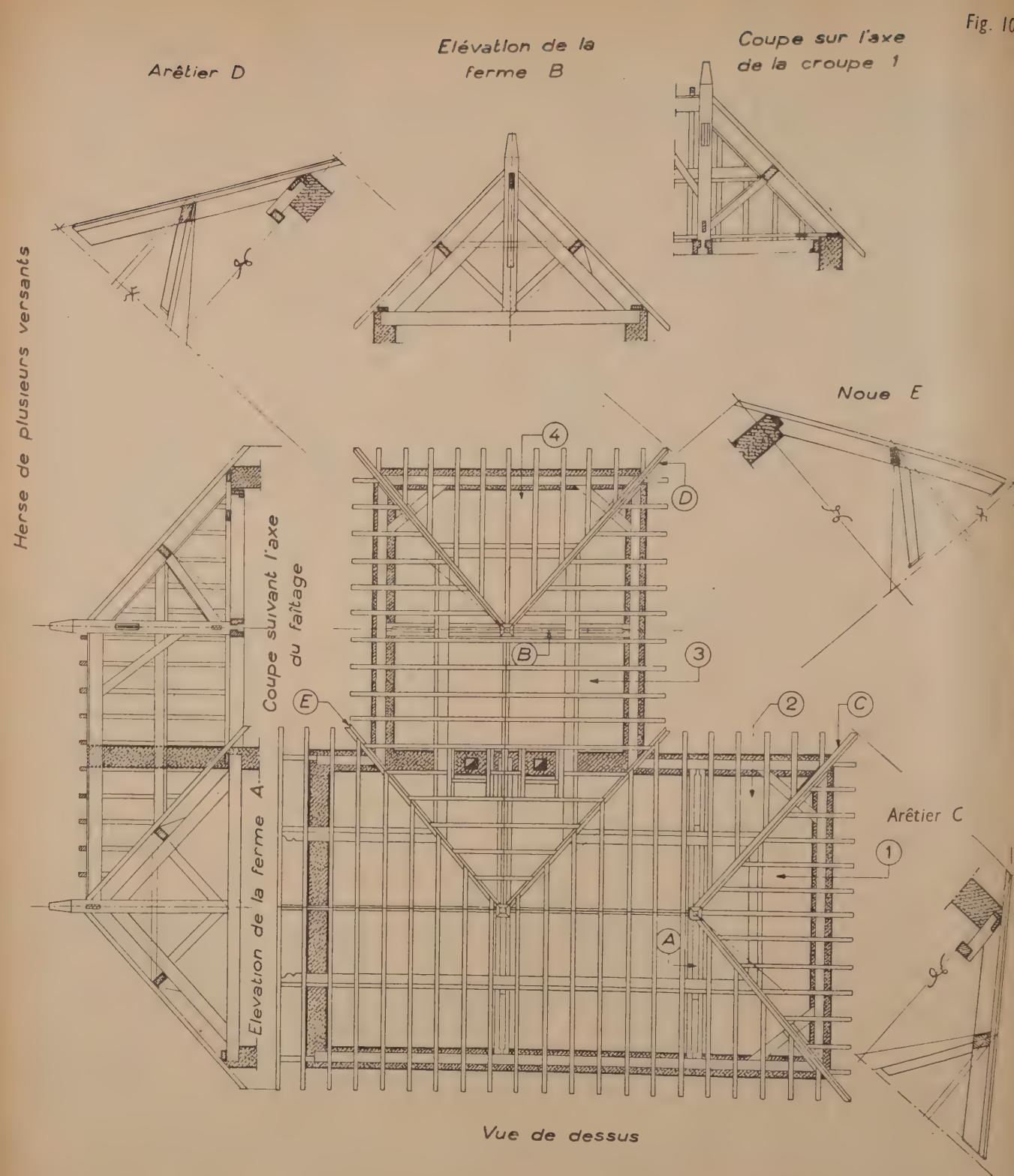


Fig. 100

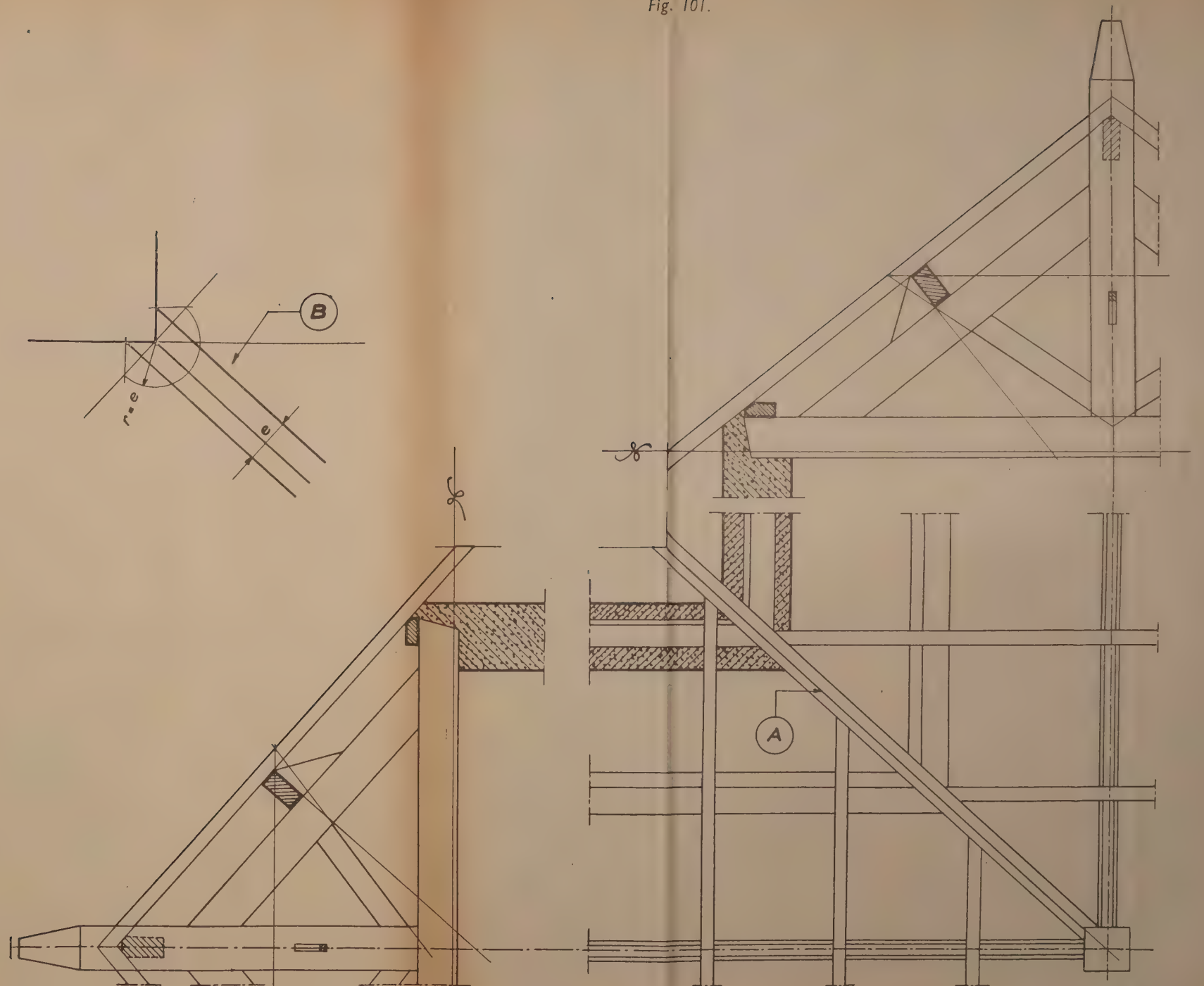
Fig. 101.

Épure donnant le tracé du dévoiement de la noue.

Voyons tout d'abord la figure 101 représentant l'angle du bâtiment réduit et sur laquelle nous avons volontairement grossi la section des différentes pièces de bois afin de mieux en étudier les coupes.

La noue vue en plan raccorde deux versants dont la pente est différente. Comme précédemment pour les arêtiers, la ligne de raccordement A ne se trouve pas placée dans l'axe de la pièce de bois. Le dévoiement de cette noue, indiqué en B, s'effectue suivant les mêmes principes étudiés lors de l'arêtier.

Nous remarquons aussi dans cette épure que le comble comporte des chevrons en saillie. Cette dernière étant la même au pourtour du bâtiment permet ainsi de déterminer à la basse pente, le point de raccordement des versants, par lequel passera la ligne A de la noue.



Épure donnant la noue en vraie grandeur dans le cas où les chevrons forment saillie sur les murs.

La figure 102 nous montre la vraie grandeur de la noue. En remarquant la position des compas nous voyons que l'opération s'effectue de la même façon que s'il s'agissait d'un arêtier.

La section rabattue de la noue nous montre que cette dernière est ici formée de deux éléments :

a) Une pièce de bois ayant une retombée suffisante pour recevoir l'assemblage des pannes;

b) Une fourrure recevant l'assemblage des empanons. Elle file en saillie comme les chevrons. Cette fourrure est rencreusée à l'inverse de celle d'un arêtier qui est délardée.

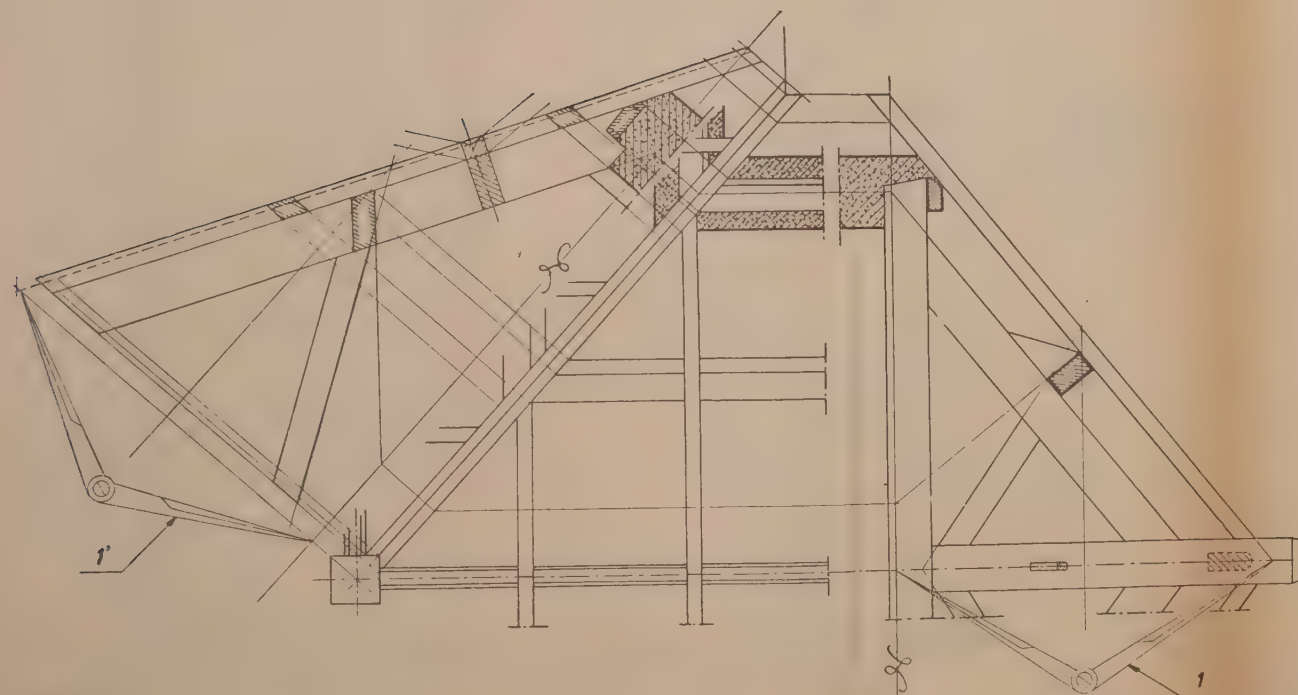


Fig. 102.

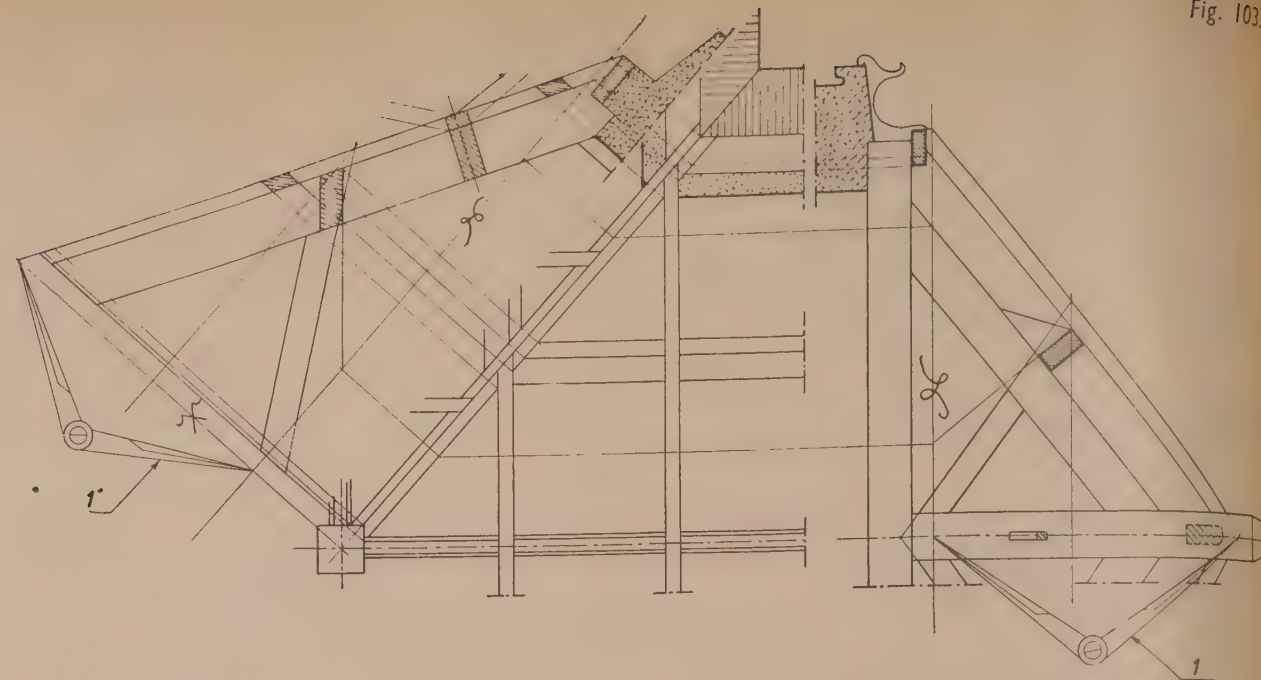


Fig. 103.

Épure donnant la noue en vraie grandeur dans le cas où l'égout est constitué par une corniche avec chêneau.

La figure 103 nous permet d'étudier une autre disposition de cette noue.

Les dimensions du bâtiment pour lequel elle raccorde les versants à pentes différentes étant les mêmes que précédemment, nous avons supprimé la saillie des chevrons et admis un entablement.

L'épure nous montre dans ce cas que la noue n'est pas rencreusée, mais les empanons viennent en barbe sur cette noue, donnant ainsi eux-mêmes le rencreusement.

MANUEL DE LA CHARPENTE EN BOIS

Fascicules parus :

- N° 1. — **Introduction** (prix : 10 fr).
- N° 2. — **Les cintres en bois pour ouvrages d'art**, par M. DUHOUX
(prix : 180 fr).
- N° 3. — **Les cintres en bois pour ouvrages d'art (annexe)**, par MM. DUHOUX
et VALLETTE (prix : 160 fr).
- N° 4. — **Caractéristiques générales du bois de charpente. Propriétés et
emplois des différentes essences**, par M. CAMPREDON
(prix : 140 fr).
- N° 5. — **La préparation du bois. Exploitation forestière, abatage, séchage,
étuvage, traitement de conservation et de préservation
contre le feu**, par M. CAMPREDON (prix : 80 fr).
- N° 6. — **Travail des bois**, par M. LOTTE (prix : 120 fr).
- N° 7. — **Le trait de charpente (première partie)**, par M. J. JAROUSSEAU
(prix : 120 fr).

OUVRAGES CONCERNANT L'INDUSTRIE DU BOIS

- Essais et recherches sur le bois**, par M. CAMPREDON (prix : 80 fr).
- Compte rendu de l'activité du laboratoire du bois en 1943-1944**, par M. CAMPREDON (prix : 120 fr).
- Progrès récents en matière de construction en bois**, par M. CAMPREDON
(prix : 50 fr).
- L'utilisation de la colle dans la charpente**, par M. CAMPREDON (prix : 80 fr).
- Compte rendu d'essais intéressant l'utilisation du bois dans la construction
et dans la charpente**, par M. CAMPREDON (prix : 100 fr).



Travaux de charpente exécutés par la Maison LAFFORGE et BERNADE.

Photo Chevojon.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS-VII^e

Décembre 1949

N° 105

Nouvelle série.

SOLS ET FONDATIONS, N° 2

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 22 MARS 1949

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. Armand MAYER**,
Inspecteur Général des Mines.

QUELQUES EXEMPLES D'APPLICATION DES MÉTHODES D'INVESTIGATION UTILISÉES EN BELGIQUE POUR LA RÉOLUTION DES PROBLÈMES DE FONDATION

Par **M. E. DE BEER**,

Ingénieur en Chef, Directeur des Ponts et Chaussées, Docteur en Sciences Appliquées.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.
INTRODUCTION	3	CHAPITRE II. — INVESTIGATIONS EN LABORATOIRE.....	14
CHAPITRE I. — INVESTIGATIONS SUR PLACE.....	4	§ 1. Nécessité des investigations en laboratoire.....	14
§ 1. Nécessité des investigations sur place. L'essai de pénétration en profondeur.....	4	§ 2. L'équilibre limite de rupture.....	15
§ 2. Données qualitatives fournies par les essais de pénétration	5	A. La détermination de la résistance au cisaillement en laboratoire. L'appareil à pression triaxiale.....	15
A. La nature des couches.....	5	B. Le calcul de l'équilibre limite de rupture. L'influence de l'excentricité de la charge.....	16
B. La consistance et la compacité. Le choix du mode de fondation	7	C. Application au cas d'un mur de soutènement.....	19
§ 3. Données quantitatives fournies par les essais de pénétration	8	§ 3. L'équilibre limite de déformation.....	21
A. L'équilibre limite de rupture sous une fondation sur pieux	8	La détermination de la compressibilité en laboratoire. Le calcul des tassements et des gonflements. Application au cas du sas d'une écluse.....	21
B. L'équilibre limite de rupture sous une fondation directe.....	9	CONCLUSIONS	23
C. L'équilibre limite de déformation.....	12	DISCUSSION.....	23
		BIBLIOGRAPHIE.....	24

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT

MESSIEURS,

Il m'est particulièrement agréable de pouvoir aujourd'hui vous présenter M. DE BEER qui va faire une conférence sur les « Applications de la Mécanique du sol en Belgique et les Méthodes qui y sont employées ».

Je ne sais si je dois dans un milieu qui contient autant d'experts en Mécanique du Sol, présenter M. DE BEER ; nous le connaissons tous. Je n'ai pas besoin de vous rappeler les diverses études qu'il a publiées et que nous avons tous lues sur les pressions de fondation, sur certaines questions d'infiltration, aussi sur des méthodes de laboratoire. J'ai lu également avec le plus grand intérêt une conférence qu'il a faite sur les tassements d'immeubles par suite de rabattement de nappes.

Je lui laisse donc la parole ; il vous expliquera beaucoup mieux que je ne saurais le faire tout l'intérêt de ses travaux.

RÉSUMÉ

Le présent exposé a pour but d'indiquer au moyen de quelques exemples concrets quelles sont les méthodes d'investigation et de calcul utilisées en Belgique pour la solution des problèmes de fondation. En tenant compte du fait que toute méthode de calcul dans le domaine du Génie Civil est nécessairement un compromis entre des données d'études mathématiques et d'études expérimentales, et pour autant qu'on prenne la précaution de faire la distinction entre le problème de l'équilibre limite de rupture et celui de l'équilibre limite de déformation, on arrive à la conclusion que nos connaissances mathématiques et nos possibilités expérimentales sont suffisamment développées pour permettre une solution rationnelle des problèmes de fondation.

En Belgique les investigations pour tout problème de fondation important débutent par l'exécution d'essais de pénétration. Ces essais fournissent des données concernant la nature, la consistance et la compacité des couches, la possibilité d'une fondation directe, la nécessité d'une fondation sur pieux, la longueur et la force portante des pieux, l'équilibre limite de rupture sous une fondation directe et les tassements de fondations établies dans des couches instantanément compressibles. Les données déduites des essais de pénétration sont dans de nombreux cas suffisamment approchées, pour résoudre d'une façon rationnelle et en même temps économique le problème de fondation.

Dans les autres cas, on procèdera au prélèvement d'échantillons non remaniés, dont on déterminera en laboratoire la résistance au cisaillement et la compressibilité. Connaissant ces deux grandeurs, et en utilisant les expressions mathématiques appropriées, on pourra dans chaque cas résoudre séparément les problèmes de l'équilibre limite de rupture et de l'équilibre limite de déformation.

SUMMARY

The purpose of the present contribution is to indicate by means of some actual examples what are the methods of investigation and calculation used in Belgium for the solution of foundation problems. Taking in mind that every method of calculation in the field of Civil Engineering is necessarily a compromise between the results of mathematical and experimental research, and so far as precaution is taken to keep a distinction between the problem of failure equilibrium and the problem of deflection equilibrium, it can be concluded that our mathematical knowledge and experimental possibilities are sufficiently developed for a rational solution of the foundation problems.

In Belgium investigations for any important foundation problem start with some deep sounding-tests. These tests give information about nature, consistence and compacity of the layers, the possibility of a direct foundation, the necessity of a pile foundation, the length and the bearing capacity of piles, the failure equilibrium underneath direct foundations, the settlements of foundations established on instantaneously compressible layers. In many cases data resulting from deep sounding-tests are sufficiently approximate, for a rational and economical solution to foundation problems.

In the other cases undisturbed samples will be taken, and their shearing resistance and compressibility ascertained in the laboratory. The value of those two factors and the use of adequate mathematical expressions, will, in each case, allow to solve separately the problems of the failure equilibrium and the deflection equilibrium.

EXPOSÉ DE M. DE BEER

INTRODUCTION

Ces dernières années la géotechnique a fait des progrès considérables. Après que des bases mathématiques en eurent été jetées dès le XIX^e siècle, grâce surtout aux études des savants français, il a fallu attendre le XX^e siècle pour voir progresser considérablement nos connaissances des propriétés physiques et mécaniques des sols, les progrès réalisés étant cette fois-ci surtout dus à l'étude expérimentale.

Plus, peut-être, que dans toutes les autres branches du Génie Civil, l'avancement de nos connaissances des problèmes des sols et des fondations demande une confrontation continue des données de l'expérience et de celles d'études mathématiques.

L'utilisation des données de l'expérience dont on ne connaît pas la signification physique et mathématique, relève du domaine de l'empirisme pur et ne peut satisfaire l'esprit ni même la sécurité, lorsqu'il s'agit d'extrapoler ou de travailler par analogie. D'autre part, les résultats de la plus belle étude mathématique ne peuvent être considérés comme correspondant à la réalité, que lorsqu'ils ont reçu la consécration de l'expérience.

C'est dire que toutes les méthodes de calcul, non seulement dans le domaine des sols, mais dans celui de tous les matériaux de construction, constituent un compromis entre des données d'études mathématiques et celles d'études expérimentales. Aucune méthode de calcul du Génie Civil ne peut être considérée comme absolument exacte. Pour s'en convaincre, il suffit de citer quelques exemples : soit le calcul des éléments en béton. Que d'hypothèses ne doit-on faire qui s'écartent de la réalité ? Ce calcul est par exemple basé sur un taux admissible dégagé de la résistance à l'écrasement sur cubes un certain nombre de jours après leur confection. Cette résistance à l'écrasement est une donnée toute relative dépendant d'un essai standardisé. Le coefficient de sécurité appliqué à cette résistance à l'écrasement n'est lui aussi pas une donnée mathématique.

C'est dire que les méthodes classiques du calcul des éléments en béton ne peuvent être considérées comme exactes. Si, toutefois, elles peuvent être considérées comme sûres, c'est parce qu'elles ont reçu la consécration de l'expérience.

Une même conclusion vaut pour le calcul des éléments en acier. Là aussi, on se base sur des hypothèses qui s'écartent de la réalité. On part, par exemple, de la notion d'élasticité et dans les calculs on néglige la propriété fondamentale de la plasticité.

Si déjà les méthodes de calcul des constructions en acier et en béton s'écartent de la réalité, il en sera à fortiori ainsi pour les méthodes de calcul des fondations. Je m'empresse d'ailleurs d'ajouter que de cette constatation on ne peut pas conclure qu'une amélioration de nos méthodes de calcul est inutile ; bien au contraire, une telle amélioration est essentielle et c'est en elle que réside le véritable avancement de la Science. Cela n'empêche que durant un certain temps encore nos méthodes de calcul seront nécessairement une grossière ébauche de la réalité et que, dès lors, leur utilisation exige la confirmation préalable de l'expérience.

Si je vous soumets ces considérations préliminaires en guise d'introduction, c'est pour parer dès le début à l'objection que les méthodes utilisées ne correspondent pas absolument à la réalité et que les résultats des essais sur lesquels on se base n'ont pas une signification physique absolue, mais dépendent des caractéristiques mêmes de l'essai. Tout comme les méthodes de calcul des matériaux de construction, les méthodes de calcul utilisées pour les problèmes de fondation ne peuvent et ne pourraient prétendre à une exactitude absolue, et les résultats des essais sont plutôt à considérer comme des données relatives dépendant d'essais standardisés.

C'est dire que les méthodes de calcul et d'investigation qui vous sont décrites dans cet exposé, sont un compromis entre nos possibilités mathématiques et expérimentales actuelles. En cela elles ne se différencient guère des méthodes classiques de vérification de la stabilité des superstructures.

Une deuxième remarque préliminaire est la suivante : tout problème de stabilité comporte une double étude : celle des tensions et celle des déformations.

Ainsi, pour une construction en acier il ne suffit pas de contrôler que dans aucun des éléments les contraintes ne dépassent les taux admissibles, mais encore faut-il que les déformations ne deviennent pas exagérées. Pour un pont, on exigera par exemple que la flèche ne dépasse pas le millième de la portée. De même tout problème de fondation comporte une double étude : celle de l'équilibre limite de rupture et celle de l'équilibre limite de déformation.

L'équilibre limite de rupture est la charge provoquant l'enfoncement indéfini d'un massif, de forme, dimensions et profondeur d'assise données. L'équilibre limite de déformation est la charge provoquant dans le sol des déformations telles que les mouvements qui en résultent pour la construction sont encore justes admissibles pour son aspect, sa fonction et sa stabilité.

CHAPITRE PREMIER

INVESTIGATIONS SUR PLACE

§ 1. — Nécessité des investigations sur place. — L'essai de pénétration en profondeur.

Après la parution de l'ouvrage magistral de TERZAGHI on vit créer progressivement dans tous les pays des laboratoires spécialisés dans la détermination des propriétés physiques et mécaniques d'échantillons non remaniés, les résultats ainsi obtenus étant alors utilisés pour résoudre les problèmes de fondation. Les méthodes d'investigation anciennes par des essais sur place au moyen d'appareils DORSINFANG, compresseurs VAN DER MEER ou essais de mise en charge de plaques de petite section, furent à juste titre délaissées par les géotechniciens, comme étant trop rudimentaires et trop peu scientifiques.

Cependant l'étude en laboratoire présente elle aussi certains inconvénients : tout d'abord, le nombre d'échantillons est nécessairement limité, ce qui diminue la valeur statistique de l'étude ; d'autre part, malgré toutes les précautions, les échantillons non remaniés ont toujours subi un certain remaniement. On fut dès lors très vite amené à étudier la possibilité de compléter l'étude en laboratoire par des investigations sur place. C'est ainsi que, dès 1932, au laboratoire de géotechnique de Delft en Hollande, on étudia la possibilité de résoudre

les problèmes de fondation sur pieux au moyen d'essais de pénétration. Le principe de l'appareil de pénétration est dû au regretté professeur BUISMAN et sa première réalisation pratique à M. HUIZINGA.

Si de par la nature du sous-sol hollandais les essais de pénétration étaient surtout utilisés dans ce pays pour déterminer la longueur et la force portante des pieux, leur utilisation en Belgique indiqua très rapidement le grand intérêt que présentaient ces essais pour la solution des problèmes de fondation en général. Les premiers essais furent effectués en Belgique en 1938, et, depuis lors, l'Institut de Géotechnique de l'Etat belge a effectué plus de 2 000 de ces essais ; c'est dire que, dans ce domaine, nous avons acquis une certaine expérience.

Dans les *Circulaires de l'Institut Technique* (1) une étude a déjà été publiée concernant l'appareil de pénétration ; je me borne dès lors à rappeler brièvement en quoi consiste cet appareil.

L'appareil de pénétration (fig. 1 et photos 1 et 2) est essen-

(1) J. VERDEYEN, Étude des fondations sur pieux au moyen de l'appareil de pénétration en profondeur. Circulaire D/15 de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 1^{er} mars 1946.

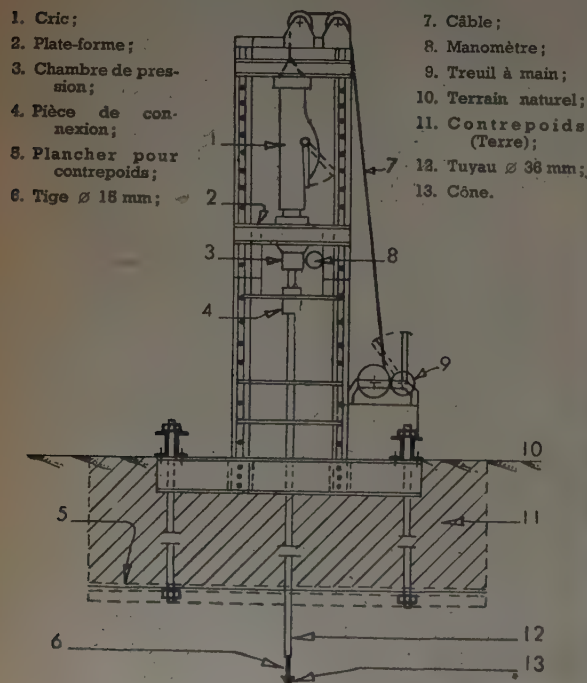


FIG. 1. — Schéma de l'appareil de pénétration.



PHOTOS 1 et 2. — Appareil de pénétration et cône de l'appareil de pénétration.

tiellement un cône avec un angle au sommet de 60° , relié à des tiges pouvant librement coulisser dans des tubes en acier étiré. Une came limite toutefois la course de la tige à 10 cm environ. L'effort nécessaire est obtenu au moyen d'un cric, et est exercé par l'intermédiaire d'un vérin hydraulique, auquel sont accouplés des manomètres. Enfin la réaction nécessaire est obtenue par exemple en chargeant une plateforme d'environ 6 m^3 de terre.

On procède comme suit : Les tubes étant en contact avec le cône on mesure la résistance totale à l'enfoncement ; au moyen d'une pièce de connexion on reporte ensuite l'effort sur les tiges, et on mesure la résistance au cône. En soustrayant la résistance au cône de la résistance totale, on obtient ce qu'on appelle la résistance au frottement latéral.

Les résultats sont présentés sous forme de deux diagrammes (fig. 2), donnant en fonction de la profondeur l'un, la variation de la résistance à la pointe, en kilogrammes par centimètre carré ; l'autre, la variation de la résistance de frottement latéral exprimée en kilogrammes.

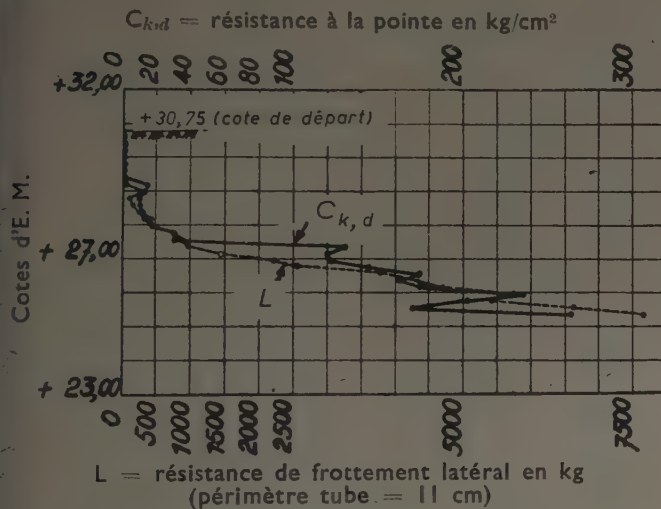


FIG. 2. — Essai de pénétration à Beeringen.

En Belgique, toute investigation pour un problème de fondation important commence par l'exécution d'un certain nombre d'essais de pénétration. Le nombre de ces essais dépend de l'importance de la construction et des données antérieures dont on dispose déjà : forages exécutés antérieurement et données géologiques. Nous indiquerons dans la suite pourquoi il est indiqué de faire des essais de pénétration avant même que de faire des forages.

§ 2. — Données qualitatives fournies par les essais de pénétration.

A. — LA NATURE DES COUCHES.

Les diagrammes de pénétration fournissent des renseignements très intéressants concernant la nature des couches. En effet, l'allure combinée des diagrammes est caractéristique pour la nature de la couche traversée. Montrons-le par quelques

exemples. La figure 2 donne les résultats d'un essai effectué pour un pont sur le canal Albert. Nous constatons qu'à partir de 3 m de profondeur la résistance à la pointe devient supérieure à 120 kg/cm^2 . A partir de cette profondeur, la résistance à la pointe aussi bien que la résistance de frottement latéral augmentent rapidement avec la profondeur. Une telle allure combinée des deux diagrammes est caractéristique pour un sable compact.

La figure 3 donne les résultats d'un essai effectué à Lierre, pour un pont sur la Nèthe. Après avoir enregistré des résistances assez élevées de 60 à 70 kg/cm^2 au début de l'essai, on obtient une couche dans laquelle la résistance à la pointe varie de 20 à 30 kg/cm^2 , et augmente très lentement avec la profondeur, tandis que la résistance de frottement latéral augmente, elle, très rapidement avec la profondeur. Une telle allure combinée des deux diagrammes est caractéristique pour une argile consistante. Au-dessus de cette argile on trouve une mince couche de sable. L'argile rencontrée est l'argile rupélienne, d'âge tertiaire.

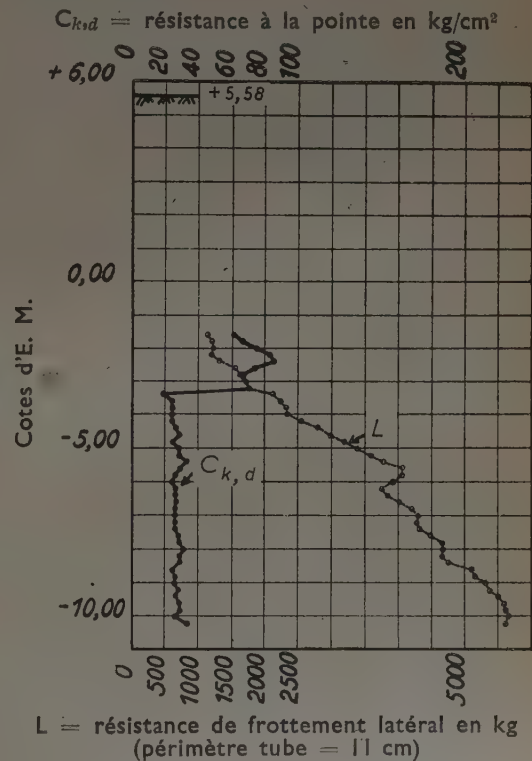


FIG. 3. — Essai de pénétration à Lierre.

La figure 4 donne un essai effectué dans la banlieue de Gand, pour le canal de contournement, au sud de cette ville. Nous constatons directement que nous avons trois couches différentes : une première, dans laquelle la résistance à la pointe varie entre 40 et 60 kg/cm^2 , le frottement latéral augmentant lentement avec la profondeur, c'est une combinaison caractéristique pour un sable de compacité moyenne. Ensuite, nous obtenons des diagrammes caractéristiques pour une couche d'argile ; c'est l'argile panislienne, d'âge tertiaire. En dessous de cette argile la résistance à la pointe augmente rapi-

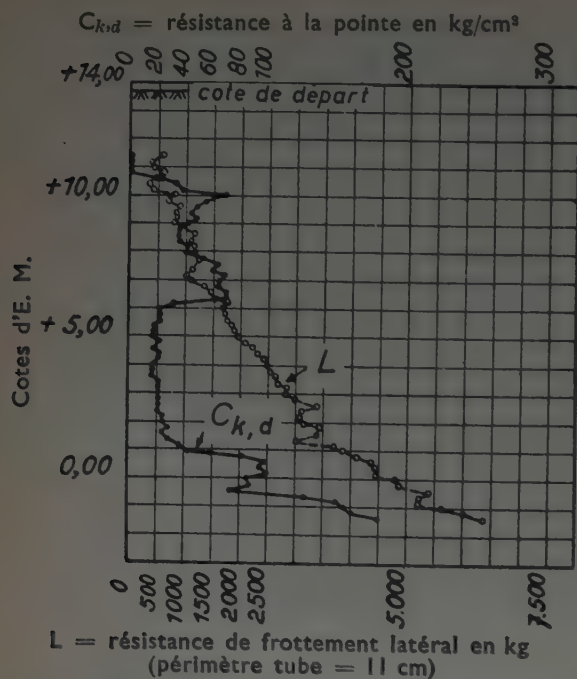


FIG. 4. — Essai de pénétration dans la banlieue de Gand.

dement avec la profondeur ainsi que le frottement latéral, ce qui indique la présence d'une couche de *sable compact*.

La figure 5 concerne un essai effectué dans la vallée de la Senne, au sud de Bruxelles. Sur environ 8 m d'épaisseur on enregistre des résistances à la pointe inférieure à 10 kg/cm^2 ; la résistance de frottement latéral n'augmente que médiocrement avec la profondeur; une telle allure combinée des deux diagrammes est caractéristique pour un *remblai non compacté*,

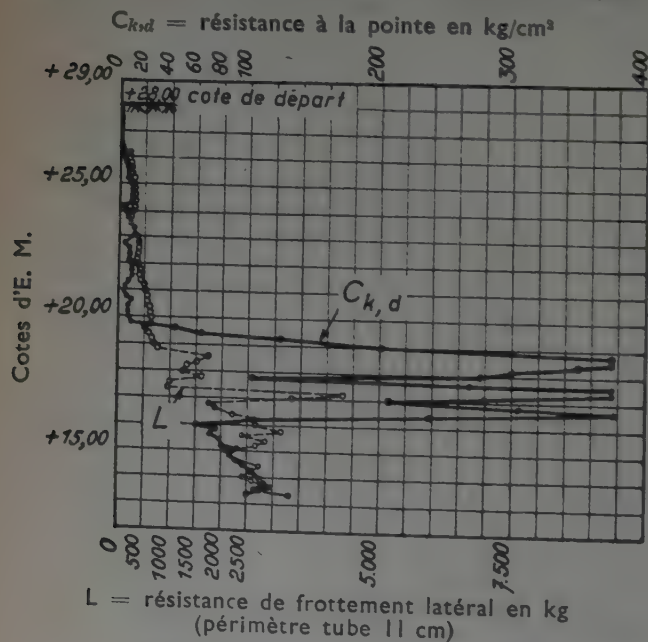
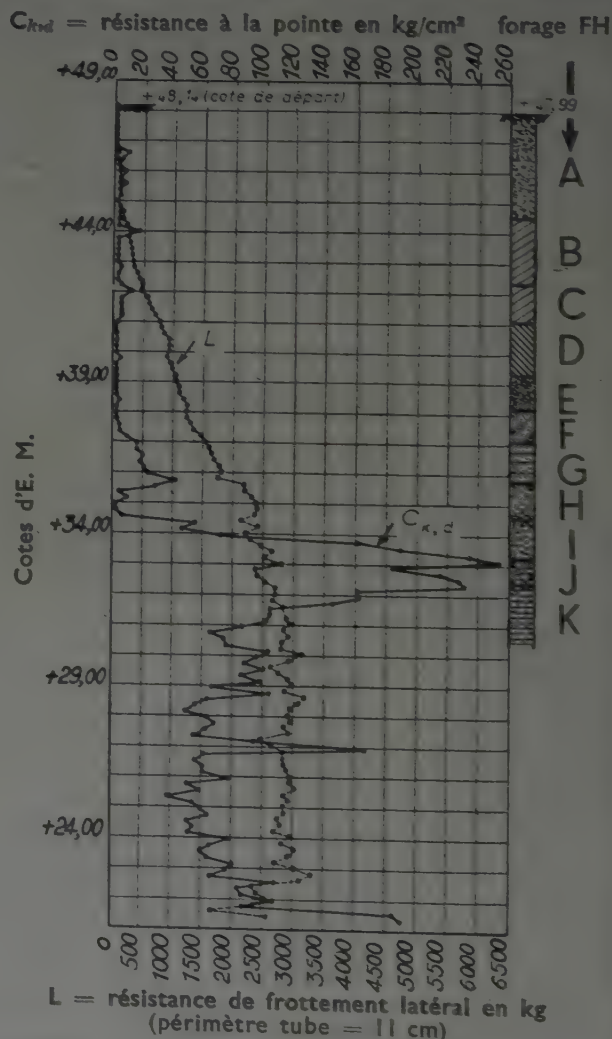


FIG. 5. — Essai de pénétration à Lot (vallée de la Senne).

une argile de faible consistance ou une tourbe. En dessous de cette couche de faible résistance, nous constatons une augmentation très rapide des résistances à la pointe jusqu'à plus de 200 kg/cm^2 ; les diagrammes des résistances à la pointe et de frottement latéral ont une allure très saccadée. D'autre part, à certaines augmentations brusques de la résistance à la pointe correspondent des diminutions brusques de la résistance de frottement latéral. Une telle anomalie indique la présence de pierres. L'allure combinée des deux diagrammes est caractéristique pour un *gravier* pouvant être sablonneux.

La figure 6 concerne un essai effectué pour la Centrale électrique de Ville-sur-Haine. On obtient d'abord de très faibles résistances à la pointe, inférieures à 10 kg/cm^2 , tandis que le frottement latéral n'augmente que médiocrement avec la profondeur. Nous savons déjà que nous avons dès lors affaire à des remblais non compactés, à des couches d'argile très peu consistantes ou à des couches de tourbe. Ceci est



- | | | |
|----------------------|------------------------------|--|
| A. Cendres; | F. Sable gris mi-argileux; | J. Marne argileuse à faible pourcentage de gravier 0 10; |
| B. Argile jaune; | G. Sable légèrement marneux; | K. Marne à forte teneur en CaO . |
| C. Argile verdâtre; | H. Sable graveleux; | |
| D. Limon brun; | I. Gravier; | |
| E. Argile tourbeuse. | | |

FIG. 6. — Essai de pénétration à Ville-sur-Haine.

confirmé par les résultats d'un forage qui avait été exécuté antérieurement. Dans la partie inférieure de l'essai les résistances à la pointe sont de l'ordre de 60 à 80 kg/cm² et n'ont aucune tendance à augmenter avec la profondeur. Le frottement latéral n'augmente lui aussi presque pas avec la profondeur. Une telle allure combinée des deux diagrammes est caractéristique pour un calcaire tendre. Constatons que dans le forage on a donné à la couche le nom de marne, appellation improprement donnée, la teneur en argile n'étant pas assez élevée. Enfin, les valeurs élevées enregistrées entre les couches supérieures peu résistantes et la couche de calcaire tendre, indiquent que ces formations sont séparées par une couche de gravier.

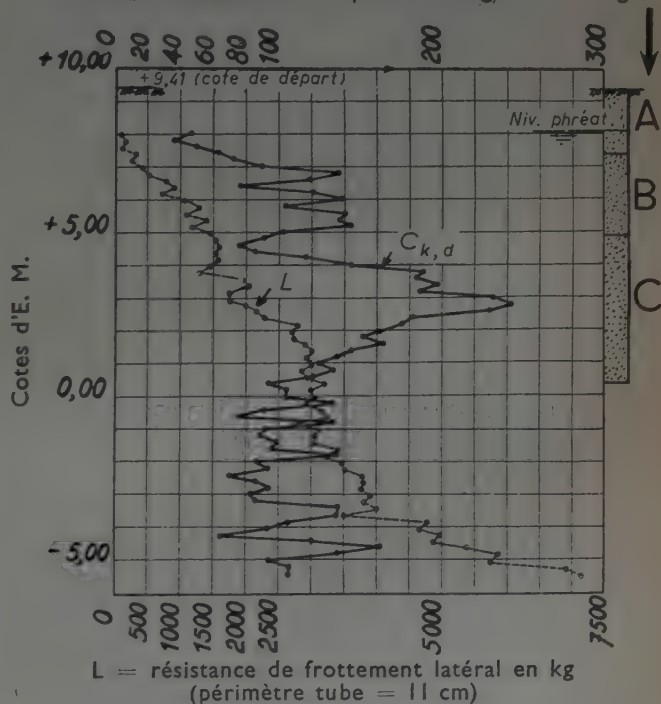
B. — LA CONSISTANCE ET LA COMPACTITÉ. LE CHOIX DU MODE DE FONDATION.

Tous les exemples précédents indiquent que les essais de pénétration donnent des renseignements tout aussi intéressants concernant la nature des couches que l'examen visuel d'échantillons remaniés et triturés, prélevés dans les forages. Mais il y a plus ; ces essais donnent en même temps des renseignements concernant la *consistance et la compacité*. Les diagrammes précédents l'ont déjà indiqué, mais il peut être utile de le montrer encore plus clairement au moyen de quelques cas typiques.

La figure 7 concerne un essai effectué à Diest, pour un pont au-dessous d'un chemin de fer. Antérieurement à notre intervention, on avait effectué déjà un forage dont les résultats

sont renseignés à la figure 7 ; en dessous d'un remblai et d'une couche d'argile, le forage indique la présence de différentes couches de sable. Avec les seules données du forage, il est impossible de dire dans quelle couche de sable il faut arrêter les pieux. Examinons maintenant l'essai de pénétration ; cet essai indique qu'à partir de la cote - 3,00 la résistance à la pointe augmente brusquement avec la profondeur et devient supérieure à 120 kg/cm², tandis que la résistance de frottement latéral augmente elle aussi rapidement avec la profondeur. L'allure combinée des deux diagrammes indique à partir de la cote - 3,00 la présence d'une couche de *sable compact* ; cette couche est beaucoup plus compacte que celles situées au-dessus de ce niveau. Si on désire utiliser des pieux, c'est dans la couche de sable au-dessous de la cote - 3,00 qu'il faut les arrêter. Ce renseignement n'aurait pu être obtenu par un forage ordinaire.

$C_{k,d}$ = résistance à la pointe en kg/cm² forage 3

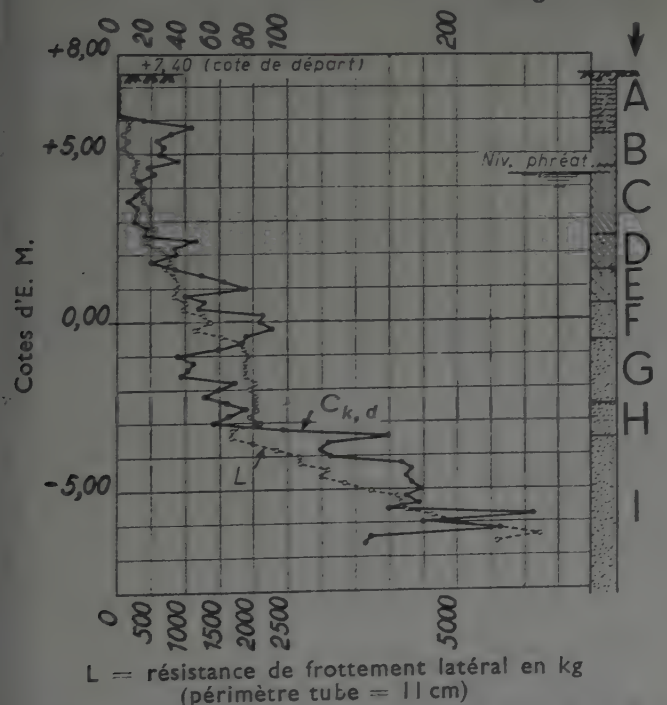


A. Sable jaune ; B. Sable vert humide ; C. Sable bouillant vert.

FIG. 8. — Essai de pénétration à Gentbrugge.

La figure 8 donne les résultats d'un essai de pénétration effectué dans la banlieue de Gand, pour un viaduc au-dessus d'un chemin de fer. Antérieurement, on avait déjà effectué un forage qui avait indiqué la présence de sable bouillant. Craignant ce sable l'auteur de projet avait décidé d'utiliser des pieux. A la dernière minute, nous avons effectué des essais de pénétration. Ces essais indiquent que nous avons affaire effectivement à des couches de sable, mais que les couches de sable supérieures ont une résistance au moins aussi élevée et sont donc au moins aussi compactes que les couches inférieures. Il est dès lors absolument inutile de prévoir une fondation sur pieux. L'ouvrage hyperstatique (photo n° 3) a été fondé directement dans le sol, ce qui a permis une grande économie sur le coût des fondations.

$C_{k,d}$ = résistance à la pointe en kg/cm²
sondage ordinaire



L = résistance de frottement latéral en kg
(périmètre tube = 11 cm)

- | | | |
|----------------------|--|---|
| A. Remblai ; | F. Sable gris foncé avec traces de coquilles ; | H. Sable gris verdâtre avec traces de coquilles ; |
| B. Argile bleuâtre ; | G. Sable gris avec traces de coquilles ; | I. Sable verdâtre avec traces de coquilles ; |
| C. Argile verdâtre ; | | |
| D. Argile sableuse ; | | |
| E. Sable argileux ; | | |

FIG. 7. — Essai de pénétration à Diest.



PHOTO 3. — Viaduc dans la banlieue de Gand.

Tous les exemples précédents indiquent que les données qualitatives obtenues par les essais de pénétration sont en général suffisantes pour faire un choix judicieux du système de fondation.

§ 3. — Données quantitatives fournies par les essais de pénétration.

Dans de très nombreux cas, on peut déduire des résultats des essais de pénétration des données quantitatives suffisamment approchées pour résoudre complètement le problème de fondation. A partir de maintenant nous devons distinguer entre les problèmes de l'équilibre limite de rupture et les problèmes de l'équilibre limite de déformation.

A. — L'ÉQUILIBRE LIMITE DE RUPTURE SOUS UNE FONDATION SUR PIEUX.

Considérons d'abord le cas de l'équilibre limite de rupture sous une fondation sur pieux.

En omettant d'en donner la démonstration et en renvoyant pour le surplus aux nombreux rapports qui ont été soumis par nos collègues hollandais au Congrès de Rotterdam et aux essais sur grande échelle qu'ils ont effectués, je me permets simplement de conclure qu'on peut utiliser directement la résistance à la pointe mesurée avec l'appareil pour déterminer la force portante de rupture d'un pieu, par sa résistance à la base. La détermination de la force portante de rupture d'un pieu devient alors en principe très simple. Montrons-le par un exemple.

La figure 9 concerne un essai de pénétration effectué dans le Brabant, pour un pont sur une petite rivière. Si jusqu'à 8 m de profondeur sous le fond de la rivière les résistances à la pointe sont relativement faibles, à partir de cette profondeur elles montent à plus de 80 kg/cm², tandis que la résistance de frottement latéral augmente, elle aussi, rapidement avec la profondeur. On en conclut qu'à partir de 8 m de profondeur existe une couche de sable légèrement argileux et compact. Si on désire utiliser des pieux, c'est évidemment dans cette couche qu'il faut arrêter leur base.

Supposons maintenant des pilots d'une section de 35 cm × 35 cm dont la base se trouve à 1,50 m à 2 m sous la surface de la couche résistante. Cette profondeur est nécessaire pour avoir l'effet de profondeur. Cette profondeur est nécessaire pour avoir l'effet de profondeur. Comme sur une grande épaisseur les résistances à la pointe ne descendent pas en dessous de 80 kg/cm², on aura comme force portante limite de rupture du pilot par résistance à la base B_r une valeur au moins égale à

$$B_r \geq 35 \times 35 \times 80 = 98\,000 \text{ kg} = 98 \text{ t.}$$

Dans les hypothèses faites si la valeur B_r était atteinte, et en faisant abstraction du frottement latéral, le pieu s'enfoncerait indéfiniment dans le sol. Nous devons donc garder par rapport à B_r une marge de sécurité. Une première limite de la force portante utile D_u est alors obtenue en appliquant à B_r un coefficient de sécurité s , par exemple $s = 2$. On trouve alors

$$D_u \leq \frac{B_r}{s} = \frac{98}{2} = 49 \text{ t.}$$

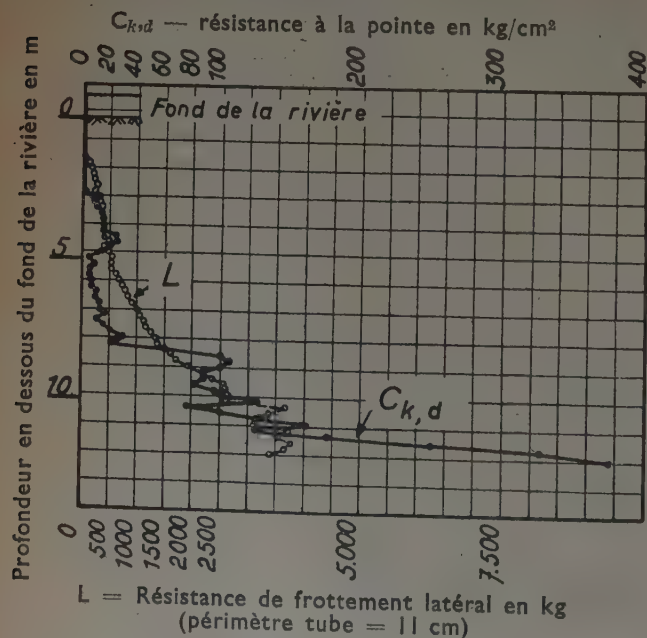


FIG. 9. — Essai de pénétration à Kortenaar (Brabant).

Remarquons que dans le calcul de la force portante utile nous ne faisons pas intervenir le frottement latéral pour certaines raisons dont l'énumération sort du cadre de cet exposé. D'ailleurs, quand le pieu est arrêté avec sa base dans une couche résistante, l'apport du frottement latéral sera toujours relativement faible. Puisqu'il ne s'agit que de trouver un ordre de grandeur, partons du frottement latéral mesuré dans l'essai de pénétration. A 9,80 m de profondeur la courbe L indique une résistance de frottement latéral de l'ordre de 2 000 kg. Le périmètre du tuyau est de 11 cm ; si nous désignons par U le périmètre du pilot, nous calculons l'ordre de grandeur de la résistance de frottement latéral F_r par la relation

$$(1) \quad F_r = f_0 \frac{U}{11}$$

f_0 étant la résistance mesurée dans l'essai.

Dans le cas envisagé on obtient :

$$F_r = 2000 \frac{4 \times 35}{11} = 25\,454,5 \text{ kg}$$

$$F_r = 25,5 \text{ t}$$

$$\frac{F_r}{B_r} = \frac{25,5}{98} = 0,26.$$

Nous voyons que la résistance du frottement latéral n'est qu'une fraction de la résistance à la base, et peut être considérée dès lors comme une sécurité complémentaire.

Grâce aux essais de pénétration il n'est plus nécessaire de déduire la force portante des pieux des essais de battage. Toutefois, on relèvera encore le diagramme de battage, non pour déterminer la force portante des pieux mais bien pour contrôler l'homogénéité des couches et permettre l'interpolation judicieuse entre les verticales des essais.

Enfin, la condition de l'équilibre limite de rupture sous un faisceau de pieux n'est en général pas plus restrictive que la condition de l'équilibre limite de rupture sous un pieu isolé.

B. — L'ÉQUILIBRE LIMITE DE RUPTURE SOUS UNE FONDATION DIRECTE.

Si nous avons pu transposer directement les valeurs de la résistance à la pointe mesurées avec l'appareil de pénétration au cas des pieux, c'est parce qu'il existe une similitude entre les états de sollicitation autour de la base du pieu et autour du cône de l'appareil. Une telle similitude n'existe plus si on considère l'état de sollicitation en dessous d'une fondation directe. En ce cas, les résistances à la pointe mesurées ne sont plus directement transposables, mais il faut passer par la résistance au cisaillement.

Les considérations théoriques qui permettent de déduire de la résistance à la pointe une valeur approchée mais située

du côté de la sécurité pour la résistance au cisaillement, sont données entre autres dans des articles qui ont paru dans la revue française *Génie Civil* et dans la revue anglaise *La Géotechnique*. Dans le cadre de cet exposé on se bornera à indiquer la façon dont il est procédé.

Nous admettons que la courbe intrinsèque d'un sol peu perméable est composée de deux droites se coupant en un point singulier S (fig. 10). L'abscisse de ce point est en relation étroite avec la contrainte naturelle entre grains. Remarquons d'ailleurs que suivant l'axe des abscisses nous ne portons pas les contraintes entre grains mais bien la somme des contraintes entre grains et des pressions hydrodynamiques, ou encore la somme des pressions entre grains actuelles et potentielles. La première droite donne par son ordonnée à l'origine la cohésion c et par son inclinaison l'angle de frottement interne φ . La deuxième droite donne ce que nous appelons la cohésion apparente c' et l'angle de frottement apparent φ' .

La notion de la résistance au cisaillement d'un sol peu perméable est encore fort controversée. Nous n'entrerons pas dans cette discussion au cours de cet exposé ; il nous suffira de dire que nous considérons encore cette résistance au cisaillement comme une donnée conventionnelle dépendant d'un essai standardisé. Ce faisant, nous procédons de la même façon que lorsqu'on définit la résistance à la compression du béton en se basant sur la résistance à l'écrasement de cubes de béton un certain nombre de jours après leur confection.

La résistance à la pénétration $C_{k,d}$ est une fonction de la résistance au cisaillement et donc des grandeurs c , φ , c' , φ' et de la contrainte entre grains σ_t .

$$(2) \quad C_{k,d} = F(c, \varphi, c', \varphi', \sigma_t).$$

L'une quelconque de ces cinq grandeurs pouvant s'exprimer en fonction des quatre autres, il en résulte que la résistance à la pointe est une fonction de c , φ , φ' et σ_t .

$$(3) \quad C_{k,d} = F_1(c, \varphi, \varphi', \sigma_t).$$

La contrainte entre grains σ_t est donnée par le niveau considéré, le poids volumétrique du sol et la situation du niveau phréatique. La grandeur $C_{k,d}$ est donnée par l'essai. Il nous reste donc trois inconnues pour une seule relation. Pour résoudre le problème, nous devons encore nous donner deux grandeurs.

Or, il y a relativement peu de sols belges pour lesquels la cohésion, telle que nous l'avons définie, est importante. En première approximation nous posons $c = 0$. Il y a aussi relativement peu de sols belges pour lesquels l'angle de frottement interne est inférieur à 30° . Nous partons dès lors de l'hypothèse $\varphi = 30^\circ$. En ce cas, nous obtenons la relation

$$(4) \quad C_{k,d} = \sigma_t \cdot V_{b,d}(\varphi').$$

La relation (4) ne contient plus qu'une seule inconnue φ' . La fonction $V_{b,d}$ étant donnée par des considérations théoriques, la formule (4) nous permet de trouver φ' . Si la valeur de φ' ainsi trouvée est inférieure à 30° , elle est adoptée.

Par contre, si la valeur φ' est supérieure à 30° nous obtenons une impossibilité. En effet, l'angle de frottement apparent est tout au plus égal à l'angle φ . Cette impossibilité provient alors du fait que le sol s'adapte directement à la charge imposée et que son angle de frottement est supérieur à 30° . En ce cas, nous posons $c = 0$, $\varphi = \varphi'$.

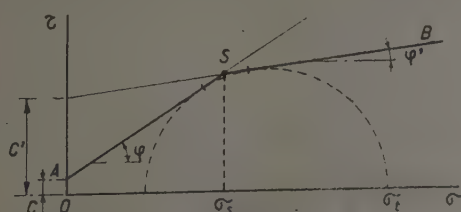
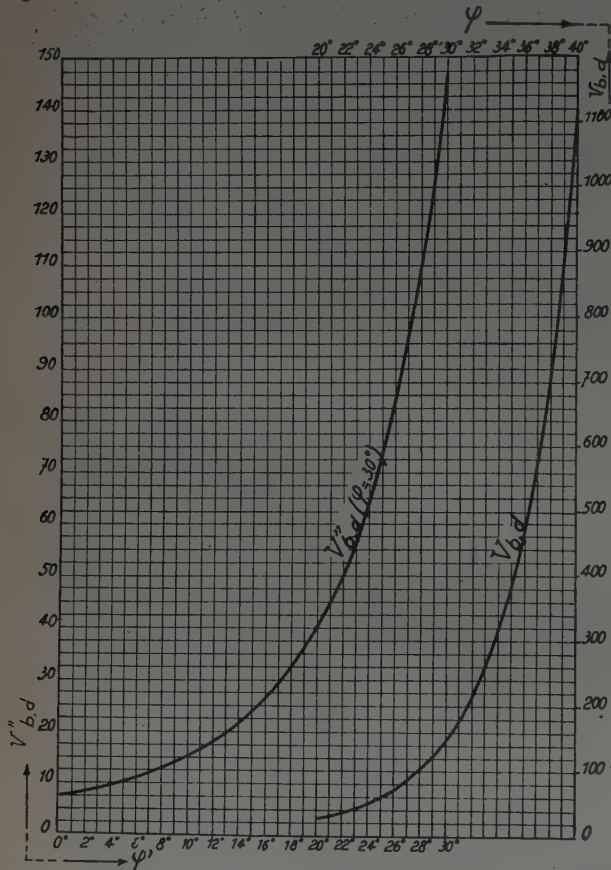


FIG. 10. — Courbe intrinsèque d'un sol peu perméable.

La relation (3) devient alors :

$$(5) \quad C_{k,d} = \sigma_t \cdot V_{b,d}(\varphi).$$

La relation (5), à une inconnue, nous permet de trouver l'angle de frottement interne φ . La fonction $V_{b,d}$, correspondant à $\varphi = 30^\circ$, et la fonction $V_{b,d}$ sont données à la figure 11, respectivement en fonction des angles φ' et φ . Nous constatons que ces fonctions croissent rapidement avec la valeur des angles.



σ_t	0°	1°	2°	5°	7°	10°	12°	15°	17°	20°	22°	24°	25°	26°	28°	30°
$V_{b,d}$	7,52	7,99	8,51	10,42	12,08	15,35	18,24	24,12	29,45	40,64	51,14	65,18	73,95	84,19	110,31	146,73

φ	30°	33°	35°	37°	40°
$V_{b,d}$	146,73	260,91	390,56	595,28	1164,91

$$V_{b,d}' = 1,3 \left[e^{2\pi \lg \varphi' \lg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} \right)} - 1 \right] \frac{\lg \varphi}{\lg \varphi'} + 1$$

$$V_{b,d} = 1,3 e^{2\pi \lg \varphi \lg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)}$$

FIG. 11.

Donnons maintenant un exemple d'application.

La figure 12 donne les résultats d'un essai de pénétration effectué à Adinkerke. L'allure combinée des deux diagrammes nous indique une succession de couches de sable de compacité différente. Considérons un niveau quelconque, par exemple

$C_{k,d}$ = résistance à la pointe en kg/cm^2

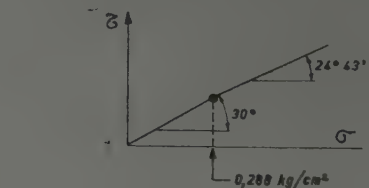
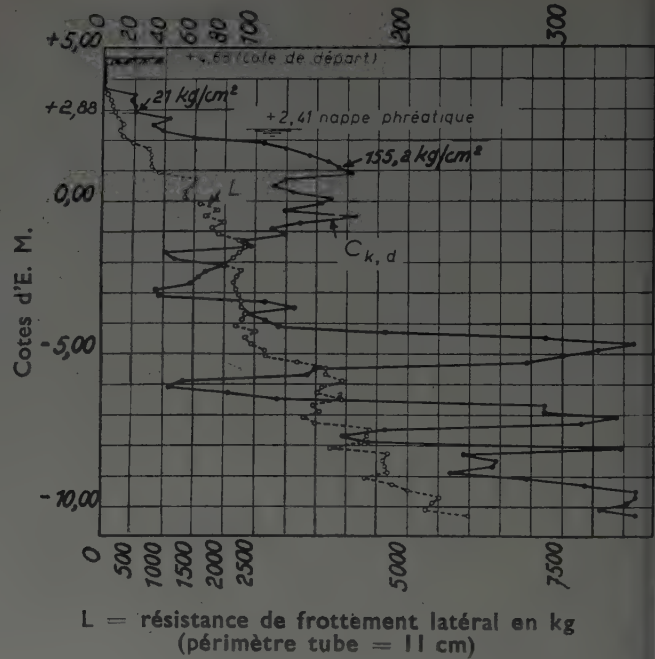


FIG. 12. — Essai de pénétration à Adinkerke.

le niveau + 2,88. A ce niveau, nous avons une résistance à la pointe de 21 kg/cm^2 . La nappe phréatique a été rencontrée à la cote + 2,41. Tablons sur un poids volumétrique de $1,6 \text{ t/m}^3$ au-dessus, et de $2,0 \text{ t/m}^3$ en dessous de la nappe. La surface du sol étant située à la cote + 4,68, la valeur de la contrainte entre grains σ_t à la cote + 2,88 est de :

$$\sigma_t = (4,68 - 2,88) 1,6 = 0,288 \text{ kg/cm}^2.$$

La formule (4) donne

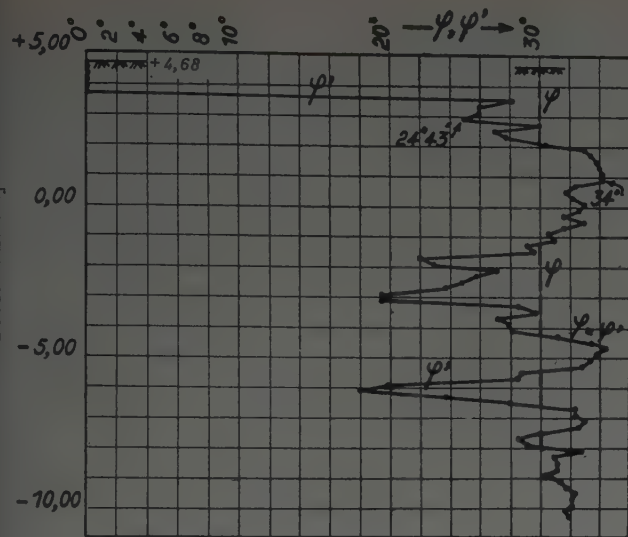
$$V_{b,d}' = \frac{C_{k,d}}{\sigma_t} = \frac{21}{0,288} = 73.$$

En supposant $c = 0$, $\varphi = 30^\circ$, la figure 11 donne pour $V_{b,d}' = 73$, $\varphi' = 24^\circ 43'$. La valeur de φ' étant inférieure à 30° , elle est adoptée. Le matériau situé à la cote + 2,88 est finalement caractérisé par la courbe intrinsèque de la figure 12 b :

$$c = 0, \quad \varphi = 30^\circ, \quad \sigma_t = 0,288 \text{ kg/cm}^2, \quad \varphi' = 24^\circ 43'$$

Nous pouvons maintenant procéder d'une façon analogue à chaque profondeur et nous obtenons alors le diagramme de la figure 13 donnant la variation des angles φ et φ' en fonction de la profondeur.

Dans le cas d'Adinkerke les valeurs trouvées sont comprises entre 18° et 34° . Remarquons directement que les valeurs ainsi trouvées ne sont pas les angles de frottement réels ; ce


 FIG. 13. — Adinkerke. Variation des angles φ et φ' avec la profondeur.

sont des valeurs approchées mais situées du côté de la sécurité. Dans certains cas, la marge de sécurité peut même être excessive. Ce sera le cas dans des couches de sable très peu compact, entre autres celles ayant une compacité inférieure à la compacité critique.

Ayant une valeur approchée de la résistance au cisaillement, nous pouvons passer au calcul de l'équilibre limite de rupture sous une fondation directe.

Soit, dans le cas d'Adinkerke, une semelle de fondation de 3 m de largeur, fondée à 2,27 m sous la surface du sol (fig. 14). Supposons que le niveau phréatique coïncide avec le niveau de fondation. Pour calculer l'équilibre limite de rupture du sol sous la semelle, appliquons en première approximation la formule de refoulement de BUISMAN-CAQUOT :

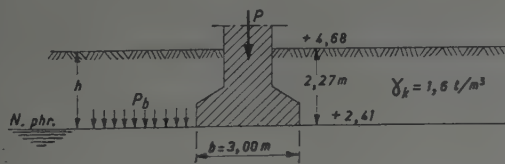


FIG. 14.

$$(6) \quad d_r = V_b'' p_b + V_c'' c + V_g'' \gamma_k b.$$

Dans cette formule :

- d_r = la force portante de rupture par unité de surface;
- p_b = la contrainte entre grains existant à côté de la fondation et au niveau de la semelle;
- c = la cohésion;
- b = la largeur de la semelle;
- γ_k = le poids volumétrique des terres refoulées intervenant dans le calcul des contraintes entre grains;
- V_b'' = une fonction croissante de l'angle φ' ;
- V_c'' et V_g'' = deux fonctions croissantes des angles φ et φ' .

Le diagramme de la figure 13 indique que sur plusieurs mètres d'épaisseur les couches réelles situées en dessous de

la cote + 2,41 peuvent être supposées remplacées par une couche homogène fictive ayant comme caractéristiques : $c = 0$; $\varphi' = 28^\circ$; $\varphi = 30^\circ$.

La figure 15 donne la fonction V_b'' en fonction des angles φ et φ' ; la figure 16, la fonction V_g'' en fonction de φ' . Pour $\varphi' = 28^\circ$, $\varphi = 30^\circ$ on trouve $V_b'' = 16$. Pour $\varphi' = 28^\circ$ on obtient $V_g'' = 11$.

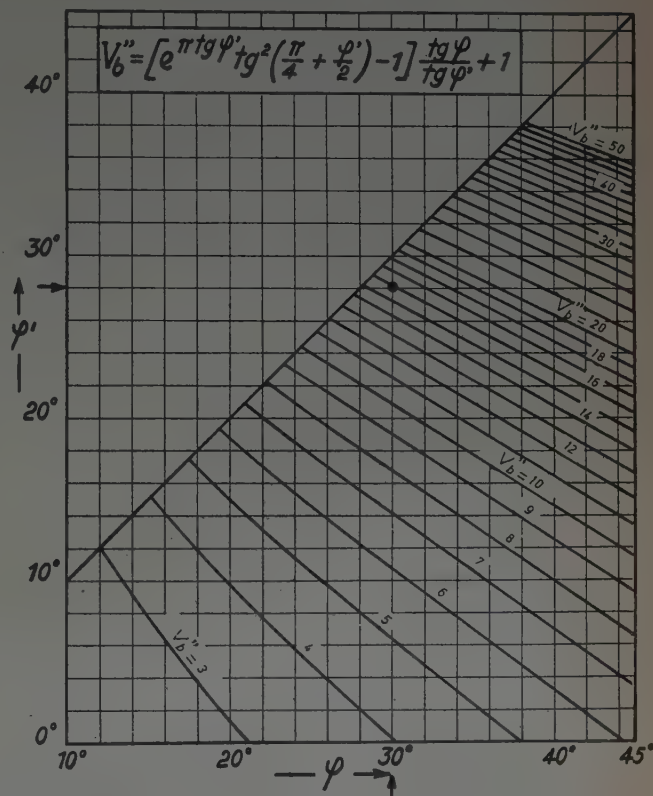


FIG. 15.

D'autre part

$$p_b = 1,6 \times 2,27 = 3,64 \text{ t/m}^2.$$

Introduisons toutes ces grandeurs dans la formule de refoulement. Nous obtenons :

$$\begin{aligned} d_r &= 16 \times 3,64 + 0 + 11 (2,0 - 1,0) 3,00 \\ d_r &= 58,2 + 33 = 91,2 \text{ t/m}^2. \end{aligned}$$

Dans les hypothèses faites, si la valeur $d_r = 91,2 \text{ t/m}^2$ était atteinte, le massif s'enfoncerait indéfiniment dans le sol. Par rapport à d_r il faut dès lors garder une marge de sécurité suffisante. Une première limite de la force portante utile d_u est obtenue en appliquant à d_r un coefficient de sécurité s , par exemple $s = 2$.

$$(7) \quad \begin{aligned} d_u &\leq \frac{d_r}{s} \\ d_u &\leq \frac{91,2}{2} = 45,6 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

La formule de BUISMAN indique l'influence très considérable de la profondeur de l'assise sous la surface du sol et aussi

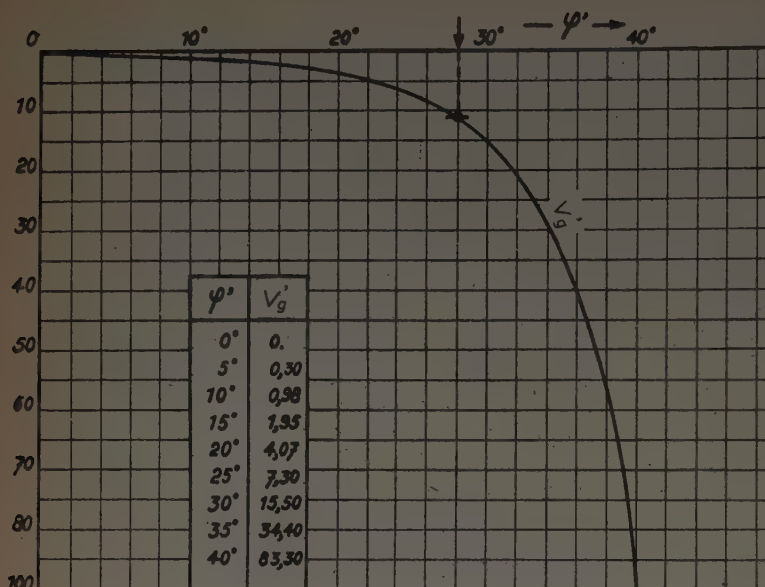


Fig. 16.

l'influence très considérable sur l'équilibre limite de rupture de la largeur de la semelle.

Remarquons d'ailleurs, que pour des valeurs très faibles du rapport de la profondeur à la largeur la formule (6) donne des valeurs trop élevées, donc non sûres. On peut y remédier en calculant l'équilibre limite de rupture par l'ensemble des formules de BUISMAN-MIZUNO-ANDERSEN, ce qui peut toujours se faire lors de l'étude définitive. Le cadre de cet exposé ne me permet pas de détailler ces formules.

Remarquons que dans son livre *Theoretical Soil Mechanics* TERZAGHI base, lui aussi, le calcul de l'équilibre limite de rupture sur une formule dérivée de celle de PRANDTL-CAQUOT. Cependant il remarque que, lorsqu'il s'agit de couches de sable, on ne peut pas introduire dans cette formule l'angle de frottement interne déduit d'essais de laboratoire, mais qu'il faut introduire un angle fictif φ' donné par :

$$(8) \quad \operatorname{tg} \varphi' = \frac{2}{3} \operatorname{tg} \varphi.$$

Le coefficient de réduction de $2/3$ est dû à l'expérience de TERZAGHI, c'est donc une donnée purement empirique. L'introduction de ce coefficient de $2/3$ est dû au fait que les formules de PRANDTL-CAQUOT ne sont valables que dans des sols instantanément incompressibles ; or les couches de sable ont toujours une compressibilité instantanée plus ou moins élevée. De ce fait, l'enfoncement indéfini dans des couches de sable n'est pas simplement un phénomène de refoulement, mais aussi un phénomène de compression. C'est pour tenir compte de ce phénomène de compression qu'on est obligé d'introduire le coefficient de $2/3$.

Remarquons que la résistance à la pointe mesurée est influencée par la compressibilité instantanée. En effet, dans deux sols ayant les mêmes résistances au cisaillement, mais des compressibilités instantanées différentes, il est évident que la résistance à la pénétration sera la plus faible dans le sol ayant la compressibilité instantanée la plus grande. La résistance à la pénétration $C_{k,d}$ dépendant de la compressibilité instantanée, il en sera de même de la résistance au cisail-

ment qui en est déduite. Nous tenons dès lors compte de la compressibilité instantanée et cela d'une façon plus directe et plus rationnelle que par la formule empirique de TERZAGHI.

En définitive, grâce aux résistances au cisaillement déduites des essais de pénétration et en se basant sur l'ensemble des formules de BUISMAN-MIZUNO-ANDERSEN, on peut trouver une valeur située du côté de la sécurité pour l'équilibre limite de rupture sous une fondation directe.

C. — L'ÉQUILIBRE LIMITE DE DÉFORMATION.

Un troisième problème est celui de l'équilibre limite de déformation, que ce soit sous une fondation directe ou sous une fondation sur pieux.

Les exemples précédents ont déjà indiqué que les résistances à la pointe mesurées dans des couches d'argile, même consistante, sont de loin inférieures aux résistances à la pointe mesurées dans des couches de sable, même de compacité moyenne. C'est dire que partout où c'est possible on devra arrêter la base des pieux dans des couches de sable ou de gravier, et éviter les couches d'argile. On peut alors se demander quel

est le tassement de l'ensemble de la fondation sur pieux.

D'autre part, lorsque des constructions hautement hyperstatiques sont fondées directement dans des couches de sable on peut se demander si les différences de tassement entre les points d'appui ne deviendront pas exagérées.

BUISMAN a établi une formule reliant la résistance à la pénétration $C_{k,d}$ à la constante de compressibilité C .

$$(9) \quad C_{k,d} = \frac{2}{3} C p_b.$$

Dans cette formule signifient :

$C_{k,d}$ = la résistance à la pointe mesurée ;

p_b = la contrainte entre grains naturelle ;

C = la constante de compressibilité telle qu'elle est définie par la loi de compressibilité bien connue de TERZAGHI.

$$(10) \quad \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{C} \ln \frac{p + \Delta p}{p}.$$

Δh représente la diminution d'épaisseur d'un échantillon ayant une épaisseur initiale h , lorsqu'on augmente les contraintes verticales de p à $p + \Delta p$.

Pour le lecteur habitué à travailler avec le coefficient de compressibilité a_p , il peut être utile d'indiquer la relation existant entre a_p et C .

$$(11) \quad a_p = \frac{1 + e}{C p_b}$$

e = l'indice des vides.

Les relations (9) et (11) donnent

$$(12) \quad a_p = \frac{2}{3} \frac{1 + e}{C_{k,d}}.$$

La formule de BUISMAN n'est d'ailleurs valable que dans un sol instantanément compressible. En effet, l'essai de péné-

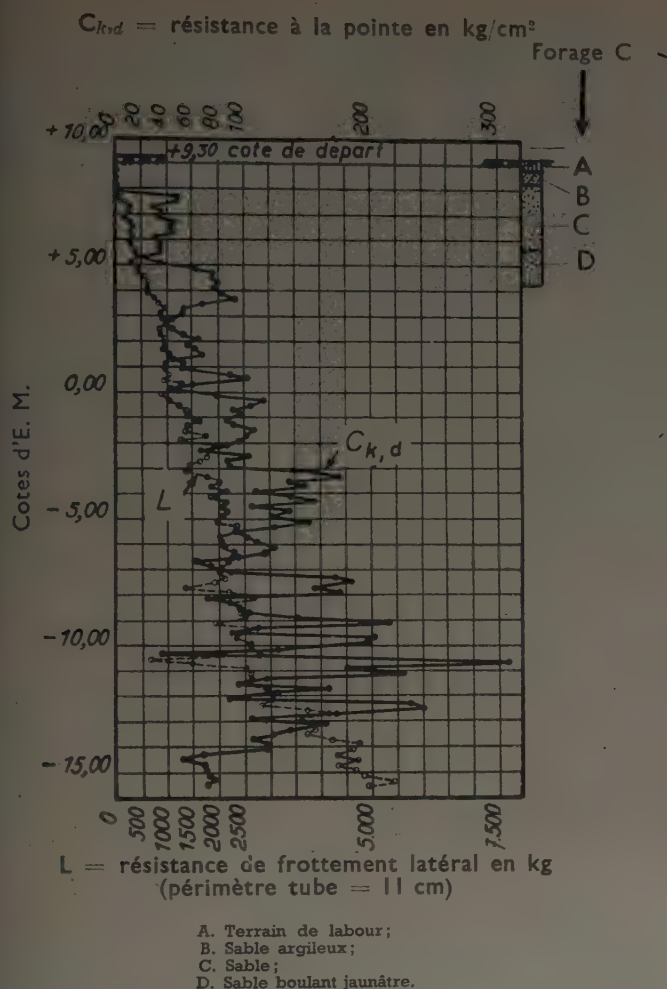


FIG. 17. — Essai de pénétration à Afanee (banlieue de Gand).

tration est un essai rapide, et les résultats qu'il fournit ne peuvent donc être influencés par les compressibilités différées.

Ainsi, si à 10 m de profondeur, nous avons une contrainte entre grains naturelle

$$p_b = 10 \text{ t/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2$$

et si à cette profondeur nous avons mesuré une résistance à la pénétration de 100 kg/cm^2 , la formule (9) donne:

$$C = \frac{3}{2} \frac{C_{k,d}}{p_b} = \frac{3}{2} \frac{100}{1} = 150.$$

Nous obtenons une constante de compressibilité de 150.

En adoptant $\varepsilon = \frac{2}{3}$, la formule (12) donne :

$$a_p = \frac{2}{3} \frac{1 + \frac{2}{3}}{100} = 1,12 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{kg}.$$

Illustrons l'utilité de la formule de BUISMAN par un cas concret.

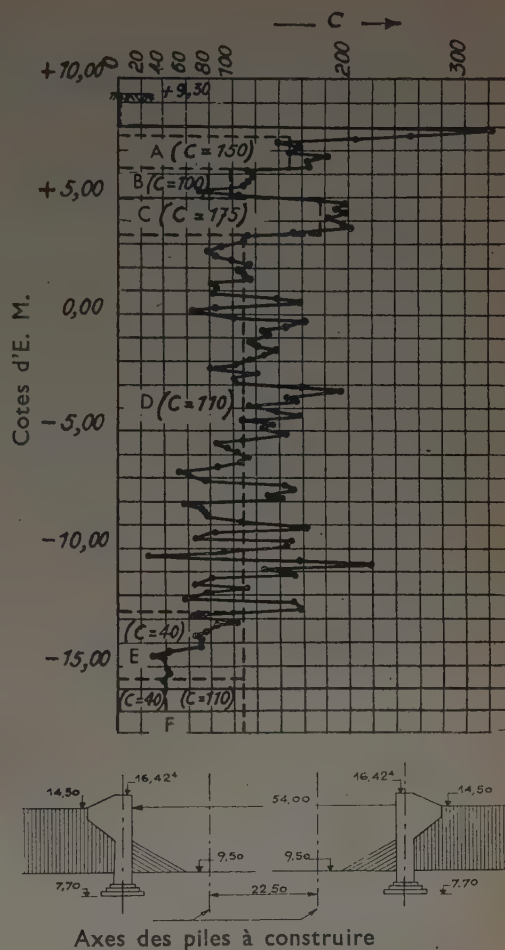


FIG. 18. — Afanee : Variation de la constante de compressibilité C avec la profondeur.

La figure 17 donne les résultats d'un essai de pénétration effectué dans la banlieue de Gand, pour un pont au-dessus de l'auto-route Bruxelles-Ostende : l'allure combinée des deux diagrammes indique que sur une très grande épaisseur nous avons affaire à des couches de sable de compacité moyenne. Cela est d'ailleurs confirmé par un forage effectué antérieurement (fig. 17).

Nous pouvons maintenant d'abord déduire de ce diagramme la variation des angles φ' , en utilisant la méthode indiquée précédemment. Connaissant ces angles φ' nous trouvons facilement que pour une fondation directe établie à 1,50 m sous la surface du sol, nous obtenons des taux admissibles de l'ordre de 2 à 3 kg/cm^2 , ce qui est largement suffisant.

Mais, dans le cas actuel, le problème n'est pas complètement résolu. En effet, nous avons affaire à un pont hyperstatique : poutres en béton, continues sur quatre appuis. Il faut dès lors avoir la certitude que les différences de tassement resteront entre des limites admissibles. Comme le sous-sol est sablonneux et donc instantanément compressible, la formule (9) de BUISMAN est applicable. En appliquant cette formule à chaque profondeur, nous obtenons (fig. 18) un diagramme donnant la variation des constantes de compressibilité avec

la profondeur. Les valeurs trouvées pour C sont assez variables, mais leur moyenne varie entre 100 et 150. Connaissant les constantes de compressibilité, nous pouvons maintenant calculer les tassements s à partir d'une intégrale de la formule de TERZAGHI.

$$(13) \quad s = \int_{-\infty}^0 \frac{dh}{C} \ln \frac{p_b + \Delta p}{p_b}$$

Les accroissements de contrainte Δp à introduire dans la formule (13) se calculent en utilisant les lois de répartition de BOUSSINESQ-BUJMAN. C'est ce qui a été fait pour les culées sous l'influence de leur poids propre et de celui des remblais adjacents. On a obtenu un tassement calculé de 7,2 cm. D'autre part, les tassements réellement survenus ont été mesurés à partir de la pose du premier béton. Les tassements observés sont de 4,25 cm pour l'une des culées et de 4,7 cm pour l'autre. On constate dès lors que le tassement calculé à partir des valeurs approchées déduites pour C des essais de pénétration constituent, dans le cas de couches de sable, une bonne limite supérieure des tassements à attendre.

Le problème devient maintenant en principe très simple; il suffit de calculer le tassement des piles et des culées sous le poids de la superstructure et des charges mobiles.

Les tassements ainsi calculés devront être majorés pour tenir compte d'un manque d'homogénéité inévitable des couches naturelles. TERZAGHI donne, comme renseignement empirique, que les tassements différentiels dus à ce manque d'homogénéité ne dépassent guère 40 % des tassements absolus, lorsqu'il s'agit de semelles de grandes dimensions. Les différences de tassement calculées pour les différents points d'appui seront éventuellement majorées en tenant compte de la limite empirique de 40 %. Ayant ainsi obtenu une limite supérieure pour les différences de tassement, il reste à déterminer quelle est leur influence sur les contraintes dans la superstructure. Or avec les raideurs normales, les accroissements de contrainte provoqués dans des poutres continues en béton par des différences de tassement entre les points d'appui de l'ordre de 1 à 2 cm ne sont que de l'ordre de quelques %. Dans le cas concret considéré, l'étude faite à partir des résultats des essais de pénétration a permis de conclure que dans le cas d'une fondation directe pour des poutres continues, la condition de l'équilibre de déformation ne jouera pas de rôle restrictif, s'il est satisfait avec une sécurité normale à la condition de l'équilibre limite de rupture et si on tient compte des accroissements de contrainte provoqués dans la superstructure par des différences de tassement de l'ordre de 1 à 2 cm.

CHAPITRE II

INVESTIGATIONS EN LABORATOIRE

§ 1. — Nécessité des investigations en laboratoire.

Les essais de pénétration qui ne sont en principe que des essais préliminaires, nous apprennent dès lors déjà beaucoup de choses concernant :

- La nature des couches ;
- Leur consistance et leur compacité ;
- La possibilité d'une fondation directe ;
- La nécessité d'une fondation sur pieux ;
- La longueur à donner aux pieux, leur force portante par résistance à la base ;
- Un ordre de grandeur de leur résistance de frottement latéral ;

Une valeur située du côté de la sécurité pour l'équilibre limite de rupture sous une fondation directe de forme, dimensions et profondeur d'assise données. Si cette valeur est située du côté de la sécurité, la marge de sécurité dans certains cas peut être excessive ;

Enfin, dans des sols instantanément compressibles, une limite supérieure pour les tassements.

L'énumération précédente indique que dans de très nombreux cas, les essais de pénétration fournissent des données quantitatives suffisamment approchées pour résoudre d'une façon rationnelle et en même temps économique le problème

de fondation. Dans les autres cas, assez rares en Belgique, ils fournissent des données très intéressantes pour dresser le programme des investigations complémentaires. Ces investigations complémentaires consistent alors dans l'exécution de forages avec prélèvements d'échantillons non remaniés, sur lesquels on détermine en laboratoire la résistance au cisaillement et la compressibilité.

Un de ces cas rares est celui de l'écluse de Duffel dans le canal de raccordement du canal Albert au Rupel (photo 4). Cette écluse est fondée dans l'argile rupélienne, d'âge tertiaire. Cette argile est tellement consistante qu'on a dû l'entailler à la pioche. On croyait dès lors avoir affaire à un très bon sol de fondation. Toutefois, un mur de soutènement construit en aval de l'écluse présenta lors d'un remblayage partiel un tel déversement qu'il fit craindre pour sa stabilité. C'est alors qu'on demanda à l'Institut de Géotechnique d'intervenir. Comme de coutume on commença les investigations par l'exécution d'un certain nombre d'essais de pénétration. Le résultat d'un de ces essais est donné à la figure 19. Le fait que, d'une part, les résistances à la pointe sont comprises entre 20 et 30 kg/cm² et n'augmentent que très lentement avec la profondeur et que, d'autre part, la résistance de frottement latéral augmente très rapidement avec la profondeur, permet de conclure à la présence d'une argile consistante. En dehors de cette donnée qualitative l'essai ne pouvait apprendre grand chose. En effet, l'allure des diagrammes indique que nous avons affaire à une argile surconsolidée dans laquelle, selon toute apparence, les contraintes latérales sont de loin supérieures aux contraintes



PHOTO 4. — Écluses de Druffel.

verticales. De ce fait, nous ne connaissons pas la valeur exacte de p_b et dans la formule (4) il reste deux inconnues, $\sigma_t = p_b$ et $V_{b,d}$ de sorte que nous ne pouvons déduire aucune valeur approchée de la résistance au cisaillement. L'essai ne peut aussi rien nous apprendre concernant la compressibilité, puisque nous avons affaire à une argile, c'est-à-dire un sol très peu perméable et donc instantanément incompressible, mais ayant une compressibilité différée considérable.

On fut dès lors obligé d'effectuer des forages, non pas pour reconnaître la nature des couches, puisque cette nature est déjà amplement connue par les essais de pénétration, mais bien pour prélever des échantillons non remaniés. Ces échantillons sont ensuite utilisés en laboratoire pour déterminer leur résistance au cisaillement et leur compressibilité.

§ 2. — L'équilibre limite de rupture.

A. — LA DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE AU CISAILEMENT EN LABORATOIRE. L'APPAREIL A PRESSION TRIAXIALE.

En Belgique la résistance au cisaillement se détermine ordinairement en laboratoire au moyen de l'appareil à pression triaxiale du type ouvert. L'échantillon a environ 15 cm de hauteur et a un diamètre d'environ 6,5 cm; il est placé dans un sac en caoutchouc entre deux pierres poreuses et chargé verticalement. Un soutien latéral lui est donné par de l'eau enfermée entre le sac en caoutchouc et un cylindre en verre (fig. 20 et photo 5). Cette eau est en communication avec un manomètre à mercure, ce qui permet de mesurer sa pression. Après que l'échantillon est chargé verticalement, on laisse échapper quelques gouttes d'eau au moyen du purgeur jusqu'à ce que toute nouvelle diminution de la contrainte latérale devienne impossible. On atteint alors le rapport limite des contraintes principales. On applique ensuite une nouvelle charge verticale et on répète le mode opératoire. On obtient ainsi une série de combinaisons de contraintes principales extrêmes. Au moyen de ces combinaisons on dessine les

cercles bien connus de MOHR et on détermine l'enveloppe de ces cercles; on obtient ainsi la courbe intrinsèque du matériau.

En principe, l'essai est effectué aussi rapidement que le permettent les phénomènes quasi-visqueux se déroulant dans l'eau adsorbée. La dernière charge appliquée est toutefois maintenue sur l'échantillon. Au fur et à mesure que l'eau interstitielle s'échappe, on constate que la pression latérale minimum nécessaire diminue, ce qui correspond à un accroissement du diamètre des cercles de MOHR.

Pour les sols peu perméables les courbes intrinsèques trouvées sont ordinairement composées de deux droites. Tel

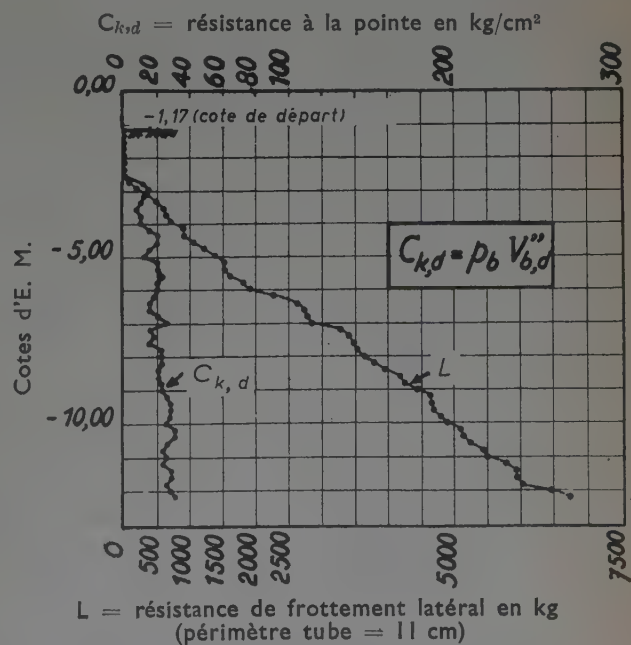


FIG. 19. — Essai de pénétration à Duffel.



PHOTO 5. — Batterie d'appareils à pression triaxiale.

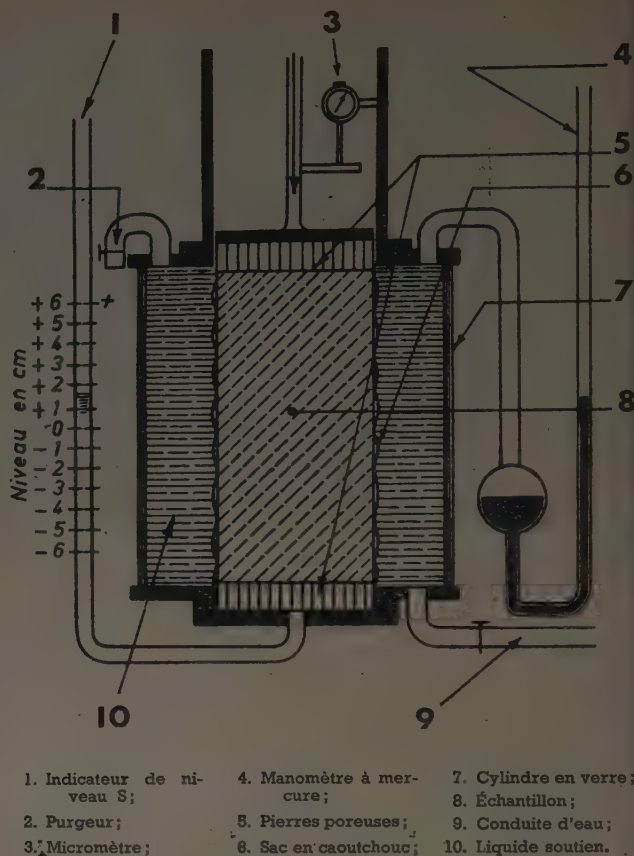


FIG. 20. — Schéma de l'appareil à pression triaxiale.

est aussi le cas pour l'argile de Duffel. La figure 21 concerne un échantillon prélevé à 4 m de profondeur; sa cohésion c est de $0,14 \text{ kg/cm}^2$, son angle de frottement interne φ de $19^\circ 30'$; la cohésion apparente c' est de $0,34 \text{ kg/cm}^2$, l'angle de frottement apparent φ' de $4^\circ 30'$. Sous la dernière charge appliquée qui était de $4,2 \text{ kg/cm}^2$, la consolidation est excessivement lente; il a fallu attendre 6 j pour obtenir la consolidation complète d'un échantillon de 6,7 cm de diamètre. Le cercle correspondant à l'état consolidé est d'ailleurs tangent à la première droite de la courbe intrinsèque.

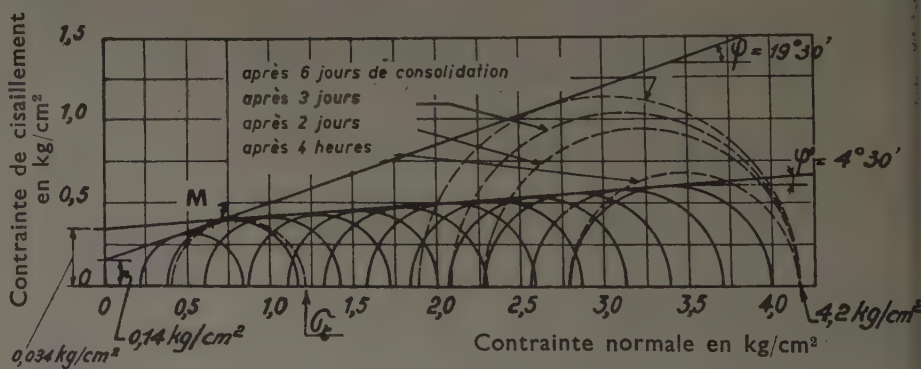


FIG. 21. — Diagramme de l'essai à pression triaxiale pour l'argile de Duffel.

Remarquons que la cohésion apparente est de $3,4 \text{ t/m}^2$ et est donc relativement élevée. C'est cette cohésion apparente qu'il faut vaincre lorsqu'on entaille l'argile. C'est ce qui explique qu'on a dû employer la pioche.

B. — LE CALCUL DE L'ÉQUILIBRE LIMITE DE RUPTURE. L'INFLUENCE DE L'EXCENTRICITÉ DE LA CHARGE.

Connaissant maintenant la résistance au cisaillement, nous pouvons passer au calcul de l'équilibre limite de rupture sous

le mur de soutènement. La figure 22 donne le profil de ce mur. Il est fondé directement dans l'argile à 3,20 m de profondeur sous le fond du canal et à 7,50 m sous la surface primitive du sol. Le canal a dès lors été obtenu par creusement, et localement il y a donc déchargement de l'argile. De ce fait, la formule à utiliser pour le calcul de l'équilibre limite de rupture sera un peu plus compliquée, mais restera encore une formule dérivée de celle de BUISMAN-CAQUOT.

Soit maintenant R la résultante de toutes les forces agiss-

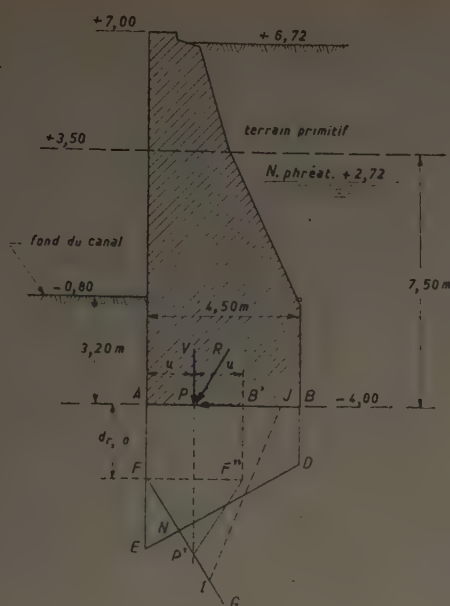


FIG. 22.

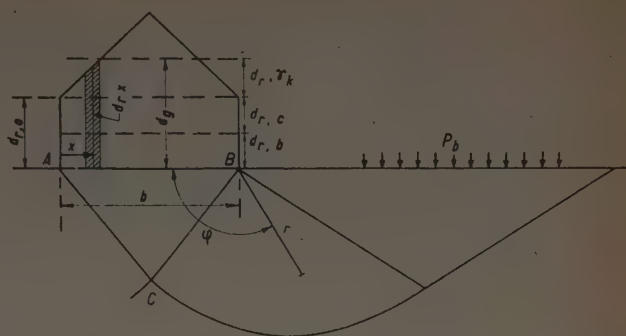


FIG. 23.

du poids propre des terres refoulées est nécessairement nulle. D'autre part, en un point caractérisé par l'angle θ , l'action Ω du champ de gravité s'exprime par la formule

$$(15) \quad \Omega = \gamma r \sin \theta.$$

L'action du champ de gravité est donc une fonction linéaire du rayon vecteur r . De là on peut déduire immédiatement que l'influence due au poids propre des terres refoulées doit être répartie linéairement suivant la largeur b . Si nous représentons l'influence du poids propre des terres refoulées par $d_{r,\gamma k}$, et si nous prenons le bord A (fig. 23) comme origine de l'axe des x , nous aurons :

$$(16) \quad d_{r,\gamma k} = \alpha x.$$

Si on admet que la force portante de rupture est exprimée par la formule (14) de BUISMAN, on trouve facilement

$$(17) \quad \alpha = 4V_g \gamma k.$$

En définitive, la valeur limite de la réaction à une distance x du bord est donnée par

$$(18) \quad d_{r,x} = V_b p_b + V_c c + 4V_g \gamma k x$$

pour $x = 0$ on a :

$$(19) \quad d_{r,o} = V_b p_b + V_c c$$

d'où :

$$(20) \quad d_{r,x} = d_{r,o} + 4V_g \gamma k x$$

Soit FG (fig. 22) la courbe représentative de la loi (20). Puisque nous étudions l'état limite de l'équilibre, il faut nécessairement qu'en certains points les réactions de la phase solide du sol atteignent leurs valeurs limites. Or, si la répartition linéaire ED était exacte, la réaction maximum se présenterait sous le bord A. D'autre part, c'est précisément sous ce bord que les limites ont leur valeur minimum AF. On constate directement qu'à l'état de l'équilibre limite une répartition rectiligne telle que ED est impossible et qu'aux environs du bord A, nous devons suivre, quand nous atteignons la limite de l'équilibre, une loi telle que AFN.

$$(14) \quad d_r = V_b p_b + V_c c + V_g \gamma k b.$$

Cette loi indique que d_r est la somme de trois termes ; le premier dû aux surcharges p_b existant à côté de la fondation, le deuxième exprimant l'influence de la cohésion et le troisième exprimant l'influence du poids propre des terres refoulées.

Les deux premiers termes sont répartis uniformément sur la largeur b . Il n'en est pas de même du troisième. Pour le constater, il suffit de rappeler qu'aux bords A et B l'influence

Le problème revient maintenant à déterminer une loi de répartition rectiligne ou curviligne IJ, telle que la surface AFIJ soit égale à V et que son centre de gravité soit situé sur l'alignement de V.

La forme de la loi de répartition inconnue IJ dépend des propriétés de déformabilité du sol et des conditions de contact entre le sol et la semelle. Cependant, quand on se trouve à la limite de l'équilibre, le mur peut prendre des mouvements arbitraires. En fonction de ces mouvements la forme de IJ variera entre certaines limites. Quant à la valeur même de l'équilibre de rupture, elle ne sera que peu influencée par les mouvements du mur. Il s'ensuit que la forme de IJ ne peut avoir qu'une influence relativement faible sur la valeur de l'équilibre limite de rupture. Nous avons donc une certaine latitude dans le choix de la forme de la loi de répartition inconnue IJ. Une forme qui présente beaucoup d'avantages au point de vue de la simplicité des calculs est la forme P'F'B' symétrique de AFI par rapport à la verticale passant par V.

Remarquons directement qu'une telle forme de répartition est théoriquement impossible, non seulement au point de vue de la concordance des déformations, mais aussi au point de vue de l'équilibre. En effet, elle correspond à admettre une chute brutale des réactions de F'B' = $d_{r,o}$ à zéro. Une telle chute brutale est impossible. En effet, pour avoir des réactions égales à $d_{r,o}$, nous devons avoir à droite de B' des réactions au moins égales à p_b . On néglige donc sur une partie de B'B des réactions au moins égales à p_b . Cependant comme $d_{r,o}$ est ordinairement plusieurs fois plus grand que p_b , il semble a priori que l'approximation ne peut avoir qu'une influence relativement faible sur les résultats. Nous indiquerons ci-après comment on peut se rendre compte du degré d'approximation.

Si l'on part de la loi de répartition P'F'B', le problème devient excessivement simple. Il suffit d'exprimer que la surface AFP'F'B' est égale à V, le centre de gravité étant par raison de symétrie, automatiquement situé sur l'alignement de V. Soit V_{\max} la valeur de V provoquant la rupture. On a :

$$(21) \quad V_{\max} = AFB'F'' + FP'F'',$$

$$(22) \quad V_{\max} = d_{r,o}2u + 4V_g \gamma_k u \frac{2u}{2}.$$

$$(23) \quad V_{\max} = 2u (d_{r,o} + V_g \gamma_k 2u).$$

Posons

$$(24) \quad \frac{V_{\max}}{2u} = d_{r,u}.$$

On trouve :

$$(25) \quad d_{r,u} = V_b p_b + V_c c + V_g \gamma_k 2u.$$

Posons $b' = 2u$,

$$(26) \quad d_{r,u} = V_b p_b + V_c c + V_g \gamma_k b'.$$

Le deuxième membre de l'équation (26) n'est autre que l'équilibre limite de rupture sous une fondation directe à charge centrée et de largeur $b' = 2u$. Avec l'approximation faite, nous pouvons donc tenir compte de l'excentricité com-

plémentaire, en supposant que la charge est centrée sur une semelle fictive ayant une largeur égale à deux fois l'excentricité complémentaire.

Puisque nous avons négligé les réactions p_b sur B'B, nous obtenons pour $d_{r,u}$ une valeur trop élevée, qui n'est donc pas située du côté de la sécurité. Nous pouvons cependant facilement, du moins théoriquement, trouver une valeur située du côté de la sécurité.

En effet, toutes les considérations précédentes indiquent que pour des réactions $d_{r,x} = M'N'$ supérieures à $d_{r,o}$ (fig. 24), la vitesse de variation maximum de $d_{r,x}$ est donnée par l'inclinaison de la droite FI. Par contre, lorsqu'on atteint la valeur $d_{r,o}$ une diminution brusque jusqu'à p_b est possible, du moins si on se place uniquement au point de vue de l'équilibre limite. En fait, à cause de la condition de la continuité des déformations, la diminution sera graduelle et se fera suivant une loi continue telle que RB'. Dans notre première approximation, en négligeant l'influence de p_b , nous avons remplacé la loi RB' par la verticale RS. On peut aussi considérer l'autre cas extrême et remplacer la courbe RB' par le prolongement RJ de la droite limite IR.

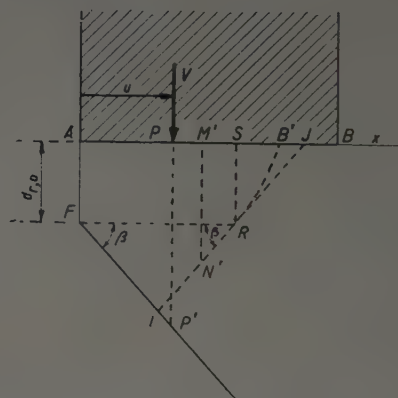


FIG. 24. — Loi de variation des réactions-limite sous une semelle à sollicitation excentrée.

Il suffit maintenant d'exprimer que la surface AFIRJ est égale à V et que le centre de gravité de cette surface est situé sur l'alignement de V. On obtient, pour le cas où le point d'intersection J de la droite IJ se trouve à gauche du point B.

$$(27) \quad x_1^3 - x_1^2 \left(u - \frac{2d_{r,o}}{4V_g \gamma_k} \right) - x_1 \frac{d_{r,o}}{4V_g \gamma_k} \left(2u - \frac{d_{r,o}}{4V_g \gamma_k} \right) - \frac{d_{r,o}^2}{32V_g^2 \gamma_k^2} \left(u - \frac{d_{r,o}}{12V_g \gamma_k} \right) = 0,$$

$$(28) \quad x_3 = \frac{d_{r,o}}{4V_g \gamma_k} + 2x_1,$$

$$(29) \quad V_{\max} = 2x_1 d_{r,o} + \frac{d_{r,o}^2}{8V_g \gamma_k} + x_1^2 4V_g \gamma_k.$$

On obtient une équation du troisième degré en x (abscisse du point I) (fig. 24). En résolvant d'abord l'équation (27) par rapport à x_1 , l'équation (29) permet de trouver V_{\max} . Au

point de vue des calculs, la deuxième méthode est naturellement beaucoup plus compliquée.

Si on exécute les calculs dans des cas concrets on constate que, lorsque l'excentricité est faible, on obtient avec la première méthode de calcul des valeurs suffisamment approchées. Par contre, si l'excentricité devient considérable, il faut passer au deuxième mode de calcul, plus long, mais qui donne en tout cas des valeurs situées du côté de la sécurité.

L'étude précédente du problème de l'influence de l'excentricité sur l'équilibre limite de rupture, indique que les résultats d'études expérimentales ne suffisent pas, mais qu'il est indispensable qu'ils soient étayés par des considérations mathématiques.

Nous avons donc trouvé un moyen pour tenir compte de l'influence de l'excentricité complémentaire sur l'équilibre limite de rupture, mais il faut encore tenir compte de l'influence de l'excentricité complémentaire sur le coefficient de sécurité. En effet, la méthode classique consistant à appliquer un coefficient de sécurité à la contrainte de rupture par unité de surface n'est pas suffisante. Nous avons, en effet, deux valeurs variables V et u .

L'excentricité complémentaire étant supposée connue et constante, on peut se demander quelle est la valeur maximum de V qui produit la rupture dans le sol. Cette valeur est donnée par

$$(30) \quad V_{\max} = d_{r,u} 2u.$$

Nous avons alors un premier coefficient de sécurité s_1 défini par

$$(31) \quad s_1 = \frac{V_{\max}}{V}.$$

Mais il y a un deuxième problème. Si la charge V se déplace et se rapproche du bord, il arrivera nécessairement un moment où nous atteindrons une excentricité complémentaire pour laquelle il y aura rupture dans le sol. On peut dès lors chercher pour une valeur V donnée et constante, quelle est la valeur minimum de u qui provoque la rupture dans le sol. Cette valeur u_{\min} est donnée par la relation

$$(32) \quad V = d_{r,u_{\min}} 2u_{\min}.$$

Or, si nous appliquons la formule de BUISMAN :

$$(33) \quad d_{r,u_{\min}} = V_b p_b + V_{cc} + V_g \gamma_k 2u_{\min},$$

d'où :

$$(34) \quad u_{\min} = -\frac{V_b p_b}{4V_g \gamma_k} + \sqrt{\frac{V_b^2 p_b^2 + 4V_g \gamma_k V}{4V_g \gamma_k}},$$

un deuxième coefficient de sécurité est :

$$(35) \quad s_2 = \frac{u}{u_{\min}}.$$

Si on effectue les calculs dans des cas concrets, on constate que très souvent les coefficients s_1 et s_2 sont totalement différents, ce qui indique bien qu'il faut les calculer tous les deux.

C. — APPLICATION AU CAS D'UN MUR DE SOUTÈNEMENT.

Revenons maintenant au cas concret du mur de soutènement (fig. 22). Nous avons une charge V de 63,2 t/m et une excentricité complémentaire u de 1,24 m. Nous avons trouvé par les essais à pression triaxiale :

$$c = 1,4 \text{ t/m}^2, \quad \varphi = 19^\circ 30', \quad \varphi' = 4^\circ 30'.$$

La formule exprimant l'équilibre de rupture du mur est :

$$(36) \quad d_{r,u} = -\frac{c + p_{b,o}(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')}{\operatorname{tg} \varphi'} + F(\varphi, \varphi') (c + p_{b,o} \operatorname{tg} \varphi) \left(\frac{c + p_b \operatorname{tg} \varphi}{c + p_{b,o} \operatorname{tg} \varphi} \right)^{\frac{\operatorname{tg} \varphi'}{\operatorname{tg} \varphi}} + V_g \gamma_k 2u.$$

Le poids volumétrique des terres refoulées est de 1,9 t/m³, ce qui nous donne

$$\gamma_k = 1,9 - 1,0 = 0,9 \text{ t/m}^3.$$

p_b représente la contrainte entre grains existant au niveau de fondations devant le mur, après creusement du canal. On a :

$$(37) \quad p_b = [-0,80 - (-4,00)] [1,9 - 1,0] = 2,88 \text{ t/m}^2$$

$p_{b,o}$ représente la contrainte entre grains initiale, à laquelle par hypothèse le sol s'est définitivement adapté.

$$(38) \quad p_{b,o} = (3,50 + 4,00) (1,9 - 1,0) = 6,75 \text{ t/m}^2.$$

La figure 16 donne $V'_g = 0,30$;

La figure 25 donne la variation de la fonction $F(\varphi, \varphi')$ avec les angles. On obtient : $F(\varphi, \varphi') = 19$.

L'expression (36) peut se mettre sous la forme :

$$(39) \quad d_{r,u} = A + B 2u$$

On obtient :

$$A = -\frac{1,4 + 6,75(\operatorname{tg} 19^\circ 30' - \operatorname{tg} 4^\circ 30')}{\operatorname{tg} 4^\circ 30'} + 19(1,4 + 6,75 \operatorname{tg} 19^\circ 30') \times \left(\frac{1,4 + 2,88 \operatorname{tg} 19^\circ 30'}{1,4 + 6,75 \operatorname{tg} 19^\circ 30'} \right)^{\frac{\operatorname{tg} 4^\circ 30'}{\operatorname{tg} 19^\circ 30'}}$$

$$\begin{aligned} A &= 23,87 \text{ t/m}^2; \\ B &= 0,30 (1,9 - 1,0); \\ B &= 0,27 \text{ t/m}^3. \end{aligned}$$

La force portante de rupture par unité de surface $d_{r,u}$ est :

$$(40) \quad d_{r,u} = 23,87 + 0,27 \times 2 \times 1,24 = 24,54 \text{ t/m}^2 = 2,454 \text{ kg/cm}^2.$$

Cette valeur est faible si on considère qu'on a affaire à une argile qu'on a dû entailler à la pioche. On croirait qu'une telle valeur est admissible; cependant, elle correspond déjà à la limite de l'équilibre.

Appliquons maintenant les coefficients de sécurité tels qu'ils ont été définis.

On a successivement :

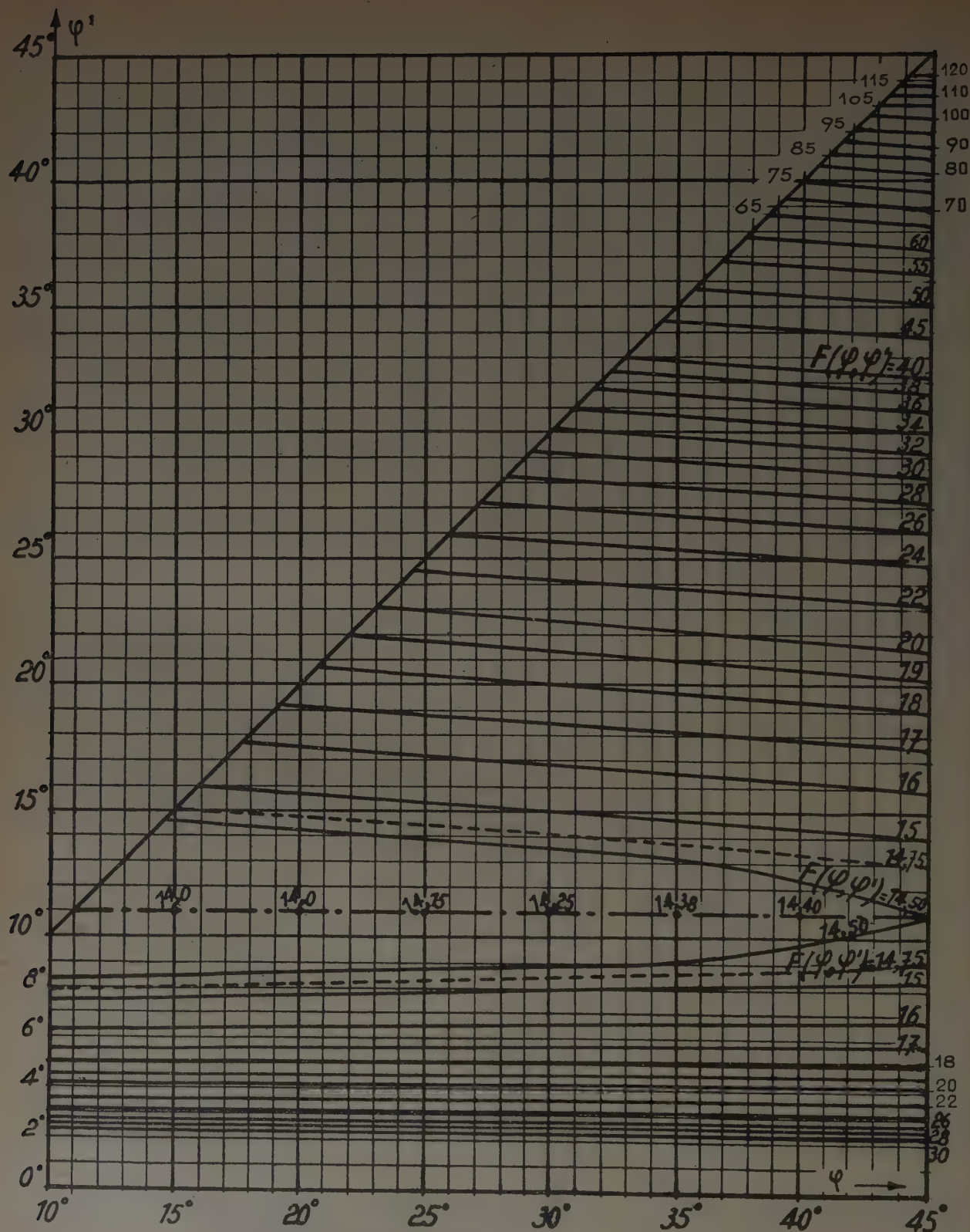


FIG. 25.

$$F(\varphi, \varphi') = 1 + \sin \varphi \cdot \frac{\lg \varphi'}{\lg \varphi} e^{(\pi + \varphi - \varphi') \lg \varphi} \frac{1 + \sin \varphi'}{\sin \varphi' \cos \varphi'}$$

$$V_{\max} = d_{ru} 2u = 24,54 \times 2 \times 1,24 = 60,86 \text{ t/m},$$

$$s_1 = \frac{V_{\max}}{V} = \frac{60,86}{63,2} = 0,96 < 1.$$

La valeur de s_1 est légèrement inférieure à l'unité, ce qui indique que le mur est à la limite de l'équilibre.

D'autre part,

$$(32) \quad V = d_{g,u_{\min}} \times 2u_{\min}$$

$$(41) \quad V = (A + B2u_{\min}) 2u_{\min}$$

$$(42) \quad u_{\min} = -\frac{A}{4B} + \frac{\sqrt{A^2 + 4BV}}{4B}$$

$$u_{\min} = -\frac{23,87}{4 \times 0,27} + \frac{1}{4 \times 0,27} \sqrt{23,87^2 + 4 \times 0,27 \times 63,2} = 1,286 \text{ m}$$

$$s_2 = \frac{u}{u_{\min}} = \frac{1,24}{1,286} = 0,96 < 1.$$

Dans le cas actuel, les deux coefficients de sécurité sont pratiquement égaux. Cela provient du fait que $d_{r,u}$ est quasi indépendant de u . En effet, le terme A dépendant de u vaut $23,87 \text{ t/m}^2$, à comparer au coefficient $B = 0,27 \text{ t/m}^3$, par lequel doit être multiplié le double de l'excentricité complémentaire. On constate que, pour $u = 1,24 \text{ m}$ le terme indépendant est plus de trente fois supérieur au terme en u .

Dans des couches de sable le coefficient multipliant u est en général du même ordre de grandeur que le terme indépendant et les coefficients s_1 et s_2 sont alors totalement différents.

En définitive, grâce aux résultats des essais à pression triaxiale effectués en laboratoire et à ceux de considérations mathématiques, on a pu déterminer que le déversement du mur était dû à un dépassement de l'équilibre limite de rupture. Pour stabiliser le mur, il faut soit diminuer V , soit augmenter u , de telle sorte qu'on obtienne des coefficients de sécurité s_1 et s_2 suffisamment grands (par exemple supérieurs à 1,5).

§ 3. — L'équilibre limite de déformation.

En principe, il reste encore à résoudre pour le mur de soutènement le problème de l'équilibre limite de déformation. En effet, le mur est fondé dans une argile; une argile, même consistante, doit être considérée comme un sol relativement très compressible. Cependant un mur de soutènement peut sans danger pour sa stabilité, sa fonction ou son aspect, présenter des mouvements verticaux et même horizontaux assez considérables. Ce qui importe c'est d'avoir la certitude que ces mouvements seront limités. On peut dès lors conclure que pour le mur de soutènement la condition de l'équilibre limite de déformation ne jouera pas de rôle restrictif s'il est satisfait, avec une sécurité normale, à la condition de l'équilibre limite de rupture.

Une telle conclusion ne vaut plus lorsqu'on considère le sas de l'écluse. Celui-ci est constitué de murs bajoyers indépendants, mais qui sont toutefois étançonnés les uns sur les autres au moyen de poutres en béton entredistantes de 5 m (fig. 26). Le sol entre les poutres est simplement recouvert d'une dalle flottante en béton. Après l'exécution du sas, on

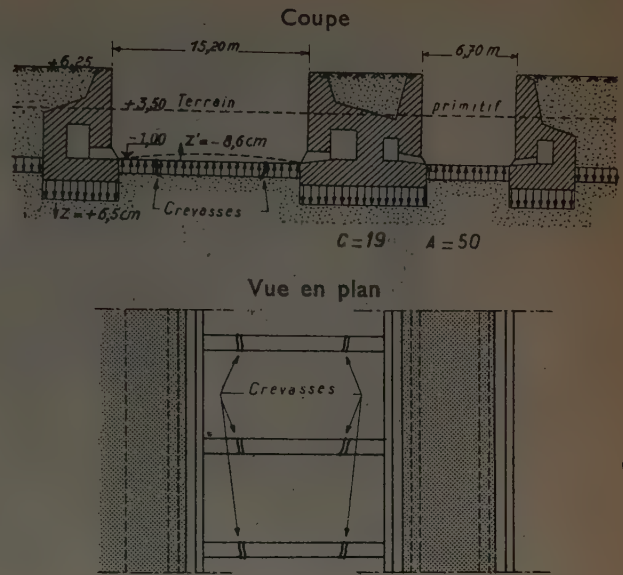


FIG. 26.

constata dans les poutres des fissures parallèles à l'axe du sas. Ces fissures ne pouvaient s'expliquer que par les déformations du sous-sol. Pour étudier ces déformations on préleva des échantillons non remaniés dont on détermina en laboratoire la compressibilité au moyen d'essais œdométriques (photo 6). Ces essais sont devenus suffisamment classiques pour qu'il ne soit plus nécessaire d'en faire la description.

La figure 27 donne les résultats de l'un des essais effectués. En abscisses on porte suivant une échelle logarithmique les charges en kilogrammes par centimètre carré; en ordonnées on porte suivant une échelle linéaire les tassements.

La courbe de compression permet de déterminer dans sa partie rectiligne la constante de compressibilité. L'épaisseur primitive h de l'échantillon était de 19,09 mm. L'application de la formule (10) de TERZAGHI donne :

$$C = \frac{19,09}{0,800} 2,3 \log \frac{6,80}{3,05} = 19.$$

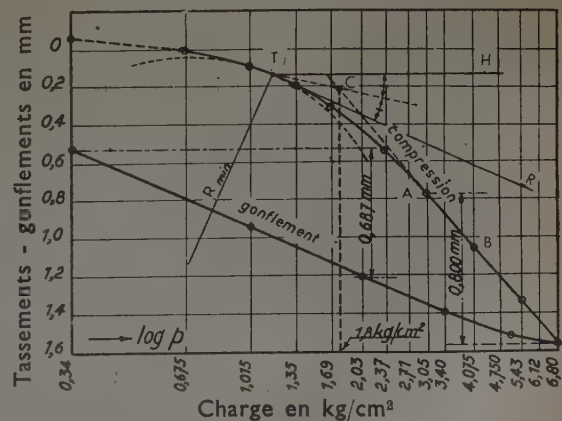


FIG. 27. — Diagramme œdométrique de l'argile de Duffel.

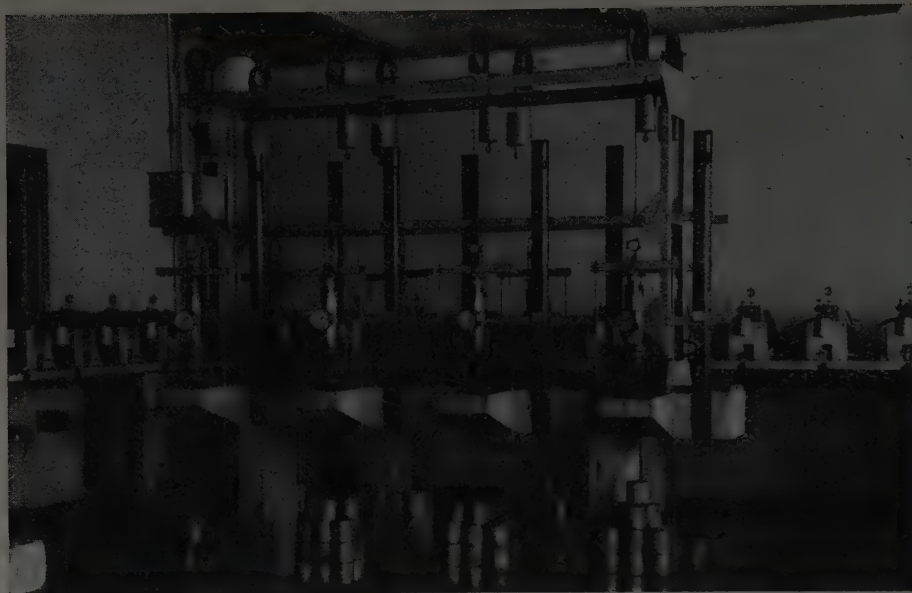


PHOTO 6. — Appareil œdométrique.

Après chargement, on a déchargé l'échantillon et on a mesuré les gonflements. De la courbe de gonflement obtenue on déduit la constante de gonflement A.

On trouve :

$$A = \frac{19,09}{0,687} 2,3 \log \frac{2,03}{0,34} = 50.$$

La courbe de compression présente dans sa première partie une courbure très prononcée, ce qui indique que l'échantillon a été consolidé antérieurement à son prélèvement. En appliquant la méthode graphique de CASAGRANDE, nous obtenons une contrainte de consolidation p_0 de $1,8 \text{ kg/cm}^2$. Or, l'échantillon a été prélevé à 5 m sous le terrain naturel et à 3 m sous le niveau phréatique. Le poids volumétrique γ étant de $1,9 \text{ t/m}^3$, on trouve comme contrainte entre grains au moment du prélèvement

$$\sigma_t = 2,00 \times 1,9 + 3,00 (1,9 - 1) = 6,5 \text{ t/m}^2.$$

Cette valeur σ_t est à comparer à la contrainte p_0 .

Si nous supposons qu'à un certain moment de l'histoire géologique, la nappe phréatique a coïncidé avec la surface du sol, on peut conclure qu'à certaines époques géologiques l'échantillon s'est trouvé sous une épaisseur de $\frac{18}{1,9 - 1} = 20 \text{ m}$ de terre, soit 15 m de plus qu'au moment du prélèvement.

Comme les mouvements irréversibles sont beaucoup plus grands que les mouvements réversibles, une consolidation antérieure du terrain peut diminuer fortement les tassements. Cette diminution sera d'autant plus grande que le rapport $\frac{A}{C}$ est grand.

Pour les sables la valeur de ce rapport est de l'ordre de 10; de sorte que, par une consolidation antérieure, on peut diminuer les tassements du sable dans le rapport de 10 à 1.

Dans le cas de l'argile de Duffel, la valeur du rapport $\frac{A}{C}$ n'est que de $\frac{50}{19} = 2,65$, indiquant la puissance de gonflement considérable de cette argile.

Connaissant les constantes de compressibilité et de gonflement, ainsi que la contrainte de consolidation p_0 , il est possible de déterminer par calcul une limite des mouvements de la construction. Il suffit d'employer une intégrale de la loi de compressibilité de TERZAGHI (13) en y introduisant les accroissements de contrainte donnés par la loi de répartition de BUISMAN. En principe, avant de passer au calcul des tassements nous devons vérifier que sous les murs bajoyers les contraintes ne dépassent pas les taux admissibles, ce qui peut se faire en suivant la méthode indiquée pour le mur de soutènement. Les calculs indiquent que sous les murs bajoyers on ne dépasse pas les taux admissibles. Après cette vérification préalable de la condition de l'équilibre limite de rupture, on peut passer au calcul des mouvements des murs bajoyers. Les contraintes sous les murs bajoyers sont supérieures aux contraintes naturelles existant lors du prélèvement, mais inférieures aux contraintes de consolidation; les murs bajoyers vont donc tasser, mais les tassements ne seront pas régis par la constante de compressibilité mais bien par la constante de gonflement. Les calculs donnent pour les murs bajoyers un tassement de 6,5 cm.

D'autre part, dans l'axe du sas, on aura un gonflement, puisque le creusement du canal provoque un déchargement. Les calculs fournissent un gonflement de 8,6 cm. A la longue les poutres en béton étançonnant les murs bajoyers devraient dès lors prendre une flèche de $6,5 + 8,6 = 15,1 \text{ cm}$. Comme elles ne sont pas assez flexibles pour prendre cette flèche, ni assez raides pour s'opposer à sa formation, on peut en conclure qu'à un certain moment la formation de fissures est inévitable.

Au moment où les fissures ont été constatées, on a mesuré les tassements des murs bajoyers et les gonflements dans l'axe

du sas. On a mesuré un tassement de 4,16 cm pour les murs et un relèvement de 5 cm dans l'axe. Les poutres se sont déjà fissurées pour une flèche de $4,16 + 5 = 9,16$ cm.

A titre documentaire on peut comparer les valeurs calculées aux valeurs observées, en tenant compte de ce que les valeurs calculées dans des couches épaisses d'argile peu perméable mettent longtemps à atteindre leur valeur finale et que la raideur de la poutre elle-même s'oppose à la formation de différences de mouvement. Nous pouvons conclure à une bonne concordance entre les tassements calculés et observés.

Si, au lieu d'argile, on avait rencontré des couches de sable, on aurait eu $A = 1\ 000$, de sorte que tous les mouvements auraient été vingt fois plus petits. Les poutres n'auraient dû prendre qu'une flèche de 7 mm, ce qui aurait été absolument tolérable.

En définitive, grâce aux résultats d'essais œdométriques en laboratoire, et des calculs des déformations du sous-sol, on a pu dégager que les fissures constatées dans les poutres-étançons étaient en relation avec un dépassement de l'équilibre limite de déformation.

CONCLUSIONS

1° Les connaissances mathématiques et les possibilités expérimentales actuelles sont suffisamment développées pour permettre une solution rationnelle des problèmes de fondation. Cela n'implique pas que les méthodes de calcul dont on dispose sont absolument exactes et correspondent cent pour cent à la réalité, et que les résultats des essais sont à considérer comme des grandeurs physiques absolues. Ceci ne peut constituer un obstacle, car les mêmes imperfections peuvent être imputées à toutes les méthodes de calcul et à tous les essais effectués pour le contrôle de la stabilité des superstructures, qu'elles soient en acier, en bois ou en béton.

Toutefois, chaque fois qu'il s'agit de méthodes approchées, il faut que préalablement elles reçoivent la consécration de l'expérience. Or, les méthodes qui ont été décrites ont été systématiquement utilisées en Belgique pour un très grand nombre de problèmes de fondation. Je crois dès lors pouvoir conclure à une consécration, du moins locale, des méthodes esquissées.

2° Une deuxième conclusion est qu'une solution rationnelle d'un problème de fondation demande une distinction nette et impitoyable entre les problèmes de l'équilibre limite de rupture et ceux de l'équilibre limite de déformation.

3° Enfin, une troisième conclusion est que les essais de pénétration fournissent dans de très nombreux cas des données quantitatives suffisamment approchées pour résoudre complètement le problème de fondation. Dans les autres cas, ils permettent de dresser d'une façon rationnelle le programme des investigations complémentaires et aussi de se rendre compte de la valeur statistique qu'on peut attribuer à des essais en laboratoire sur un nombre nécessairement limité d'échantillons.

Je puis terminer en exprimant le souhait qu'en France aussi, dans certains cas concrets, on veuille bien utiliser, ne fût-ce qu'à titre d'examen et de contrôle, les méthodes esquissées, afin d'accroître le champ des investigations et d'arriver finalement à une méthode de calcul des fondations qui reçoive l'agrément de tous les techniciens.

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT. — Je pense être votre interprète à tous en remerciant M. DE BEER du très brillant exposé qu'il vient de nous faire.

Il a été, je crois pouvoir le dire, aussi brillant dans la première partie de son exposé où il nous a montré l'utilisation de l'appareil de pénétration qui est extrêmement employé en Belgique et en Hollande, bien qu'il soit utilisé relativement peu ici, que dans la deuxième où, à l'aide des coefficients classiques il a étudié la stabilité d'un mur de fondation.

De tout cela je le remercie très vivement.

Mais je pense que, conformément à la tradition, certains d'entre vous auront des questions à lui poser et je serais heureux de leur donner la parole.

UN AUDITEUR. — Si j'ai bien compris, vous avez déterminé que le mur de soutènement n'était pas stable parce qu'il manquait de largeur, est-ce que les mêmes méthodes pourraient s'appliquer dans le calcul d'un radier?

M. DE BEER. — Oui, pour autant qu'il s'agisse de l'équilibre limite de rupture du sol sous le radier général, mais en dehors de cette condition, dans le cas du radier général vous avez encore la

question de la répartition des charges. La répartition des contraintes sous une semelle ou un radier général est conditionnée par le tassement différentiel des différents points. C'est donc un problème qui est en relation avec l'équilibre limite de déformation. Il est très complexe, car il met en jeu la concordance des déformations du sol et du radier. La détermination des lois de répartition des réactions sol/semelle est un problème d'équilibre limite de déformation qui rentre bien dans le cadre général de ce qui a été dit, mais qui n'a pas été explicitement détaillé. Sa solution exige, entre autres, le calcul des tassements des points de contact sol/semelle, et donc la détermination de constantes de compressibilité situées du côté de la sécurité. Dans le cas de couches de sable, de telles constantes peuvent être déduites des essais de pénétration. Dans le cas de couches d'argile, ces constantes sont fournies par des essais œdométriques sur échantillons non remaniés. Ces constantes sont alors introduites dans des formules exprimant la concordance des déformations du sol et de la semelle de fondation.

M. L'INSPECTEUR GÉNÉRAL MAYER. — Est-ce que quelqu'un a encore une question à poser? Pas d'observation. Alors, Messieurs, je crois que nous pouvons lever la séance, en remerciant très vivement M. DE BEER de son très brillant exposé.

BIBLIOGRAPHIE

BUISMAN, *Grondmechanica*. *Waltman*, 1940 (Delft).

BUISMAN, De weerstand van paalpunten in zand. *De Ingenieur*, 1935, n° 14 et 18.

BUISSON, Conditions de stabilité des fondations sur pieux. *Travaux*, mars-septembre 1939.

CAQUOT, Equilibre des massifs à frottement interne, 1943 (Paris, Gauthier-Villars).

DE BEER (E.), Etude des fondations sur pilotis et des fondations directes. L'appareil de pénétration en profondeur. *Annales des Travaux Publics de Belgique*, avril-juin-août 1945.

DE BEER (E.), Données concernant la résistance au cisaillement déduites des essais de pénétration en profondeur. *La Géotechnique*, n° 1, vol. I, 1948.

DE BEER (E.), Contributions à l'étude de l'équilibre limite de rupture du sol sous des massifs de fondation transmettant des charges centrées. *Le Génie Civil*, n° 8 du 1^{er} et 15 mai 1946 et du 1^{er} juin 1946.

DE BEER (E.), Settlement records on bridges founded on Sand. *Proceedings of the second International Conference on Soil Mechanics*, vol. II (Rotterdam).

DE BEER (E.), Limitation of the validity of application of the formulas from Prandtl-Buisman and from Andersen for the ultimate bearing capacity of the soil underneath footings. *Proceedings of the second International Conference on Soil Mechanics*, vol. I (Rotterdam).

DE BEER (E.), Verklarende nota betreffende de resultaten der uitgevoerde diepsonderingen voor de studie van de funderingen der te bouwen Mollbrug over de Nethe te Lier. *Annales des Travaux Publics de Belgique*, avril 1938.

DE BEER (E.), Een nieuw middel bij het ontwerpen van paalfunderingen « het diepsondeerapparaat ». *Technisch Wetenschappelijk Tijdschrift*, n° 4, 5 et 6, avril, mai et juin 1941.

FRANK (C.), The bearing capacity of piles as derived from deep soundings, loading tests and formulas. *Proceedings of the second International Conference on Soil Mechanics*, vol. II (Rotterdam).

HUIZINGA, Het bepalen van de paalpuntweerstand met het diepsondeerapparaat van het Laboratorium voor Grondmechanica. *Technisch Gemeenteblad*, mars 1936. Uitg. L. J. Veen's Uitgevers Mij. N. V. Amsterdam.

MARIVOLT (L.), Some soil rupture and settlement problems in the construction of a lock at Duffel. *Proceedings of the second International Conference on Soil Mechanics*, vol. II (Rotterdam).

MIZUNO, On the bearing power of soil in a three-dimensional problem. *Proceedings of the second International Conference on Soil Mechanics*, vol. III (Rotterdam).

PLANTEMA (G.), Results of a special loading-test on a reinforced concrete pile, a so-called pile-sounding. *Proceedings of the second International Conference on Soil Mechanics*, vol. II (Rotterdam).

PRANDTL, Über die Eindringungsfestigkeit plastischer Körper. *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 1921, Heft 1.

TEEZAGHI, *Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage*. Leipzig und Wien. Deuticke, 1925.

TEEZAGHI, *Theoretical soil mechanics*, 1943 (London : Chapman and Hall, Limited) (New York : John Wiley and Sons, Inc.).

TEEZAGHI and PECK, *Soil mechanics in Engineering practice*, 1948 (N.w.-York : John Wiley and Sons, Inc.) (London : Chapman and Hall, Limited).

VERDEYEN, Étude des fondations sur pieux au moyen de l'appareil de pénétration en profondeur. *Circulaire de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* (Série D, n° 15, 1^{er} mars 1946).

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS-VII^e

Décembre 1949

N° 106

Nouvelle série.

LIANTS HYDRAULIQUES, N° 5

MÉMOIRES SUR LA MÉCANIQUE-PHYSIQUE DU BÉTON

III

NOUVELLE CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU RETRAIT DES CIMENTS

Par **MM. R. L'HERMITE**, Directeur des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

J. CHEFDEVILLE, Chef de Service aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

J. J. GRIEU, Ingénieur aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

Cette étude a été réalisée à la demande et grâce à la subvention

DU CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES DE L'INDUSTRIE DES LIANTS HYDRAULIQUES

SOMMAIRE

	Pages.
INTRODUCTION AUX ESSAIS	3
RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.....	8
I. Essais sur pâte pure.....	8
II. Essais sur ciment-poudre inerte (basalte).....	19
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	27

LABORATOIRES DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

L'un de nous a présenté, en 1947, une étude générale de la question du retrait des ciments et bétons d'après les travaux antérieurs de différents chercheurs et a essayé d'en dégager une théorie (R. L'HERMITE, *Le retrait des ciments, mortiers et bétons*, Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Circulaire F. 37 du 2 juin 1947). C'est dans le but de confronter cette théorie avec la réalité, que des expériences aussi soignées et aussi précises que possible ont été effectuées. Celles que nous décrivons dans ce mémoire portent sur certains points particuliers et ont pour but, principalement, de relier la vitesse d'évaporation avec la déformation mesurée dans le cas des pâtes pures de ciment.

RÉSUMÉ

Cette étude prend place dans une série de mémoires sur la mécanique physique des bétons publiés dans les Annales du Bâtiment et des Travaux Publics, et fait suite plus particulièrement à une étude de l'un des auteurs, intitulée « Le retrait des ciments, mortiers et bétons ». Dans cette première étude de juin 1947, l'auteur, après avoir dressé une somme des travaux expérimentaux dans le monde, sur la mesure, les effets et les causes du retrait, esquissait une théorie thermodynamique de ce phénomène et le liait par le calcul au phénomène de l'évaporation. Il étudiait ensuite toujours théoriquement l'influence de la composition des bétons sur leur retrait et l'apparition de tensions internes dues à ces déformations. C'est essentiellement pour étayer ces théories et donner des valeurs aux constantes numériques proposées dans les formules que cette nouvelle étude a été faite. Elle est l'aboutissement d'un grand nombre d'expériences de très longue durée, mais ne porte que sur quelques points plus particuliers parmi ceux qui avaient été développés dans la précédente. L'influence de l'hygrométrie de conservation des éprouvettes y est étudiée très complètement ainsi que celle de l'addition au ciment d'une poudre minérale inerte.

On montre ainsi que l'évaporation de l'eau libre dans le ciment répond à la loi de FOURIER et peut être représentée en première approximation par une formule simple fonction du côté de l'éprouvette et du temps de mise à l'air, du degré hygrométrique et de la quantité d'eau évaporable, enfin d'un coefficient d'évaporation, lui-même fonction de l'âge de mise à l'air et pour lequel des valeurs numériques sont proposées selon la pâte utilisée.

Quant au retrait il fait apparaître, dans son expression, un coefficient de déformation composé de deux parties, l'une de déformation réversible à la mise à l'eau, l'autre de déformation permanente se produisant lentement comme ferait un fluage.

L'étude du retrait alterné par conservations successives dans l'eau et dans l'air permet de supposer le mécanisme de ces déformations. Cette étude ne s'arrêtera pas là et l'on peut penser que des précisions seront données sur ce sujet.

SUMMARY

This investigation is included in a series of reports on the mechanics of concrete published in the Annales du Bâtiment et des Travaux Publics and is really a sequel to a paper entitled « The shrinkage of cement, mortar and concrete ». In this earlier paper, dated June 1947, the author first reviewed all the experimental work carried out in various countries on the causes and results of shrinkage and its measurement, and then outlined a theory of shrinkage based on thermodynamics and connected with the fact of evaporation. He then dealt with the effect of the composition of various kinds of concrete on shrinkage and the occurrence of internal stresses as a result of these deformations; these points, again, being treated in a purely theoretical manner. It was chiefly in order to give support to these theories and to give values to the numerical constants suggested in the formulae that the second paper was written. It was the result of a large number of experiments lasting a very long time, but only bears on a few special points among those developed in the first paper. The effect of the humidity maintained around the test pieces is dealt with very fully and also the effect of adding an inert mineral powder to the cement.

Thus it is demonstrated that free water in cement evaporates in accordance with FOURIER's law, and this can be represented approximately by a simple formula which is a function of the size of the test piece and the time of exposure to the air, the degree of humidity and the quantity of evaporable water and also of a coefficient of evaporation which is itself a function of the age of first exposure to the air and for which numerical values are suggested varying with the composition of the paste which is used.

As concerns shrinkage, its formula comprises a coefficient of deformation which accounts both for a deformation reversible by immersion in water, and for a permanent deformation which forms gradually as if caused by creep.

The results of an investigation into alternate shrinkage of specimens kept first in water then in the air give some idea of the reasons why deformation occurs. The work will not stop at this point and it is to be assumed that further details on the subject will follow.

à l'intérieur de l'armoire. La figure 3 donne le schéma de fonctionnement de cette régulation, la figure 4 celui du relai électronique utilisé.

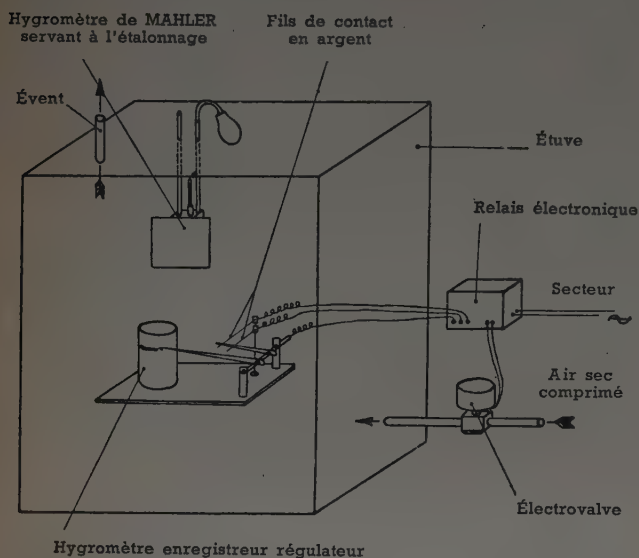


FIG. 3. — Schéma de la régulation de l'hygrométrie.

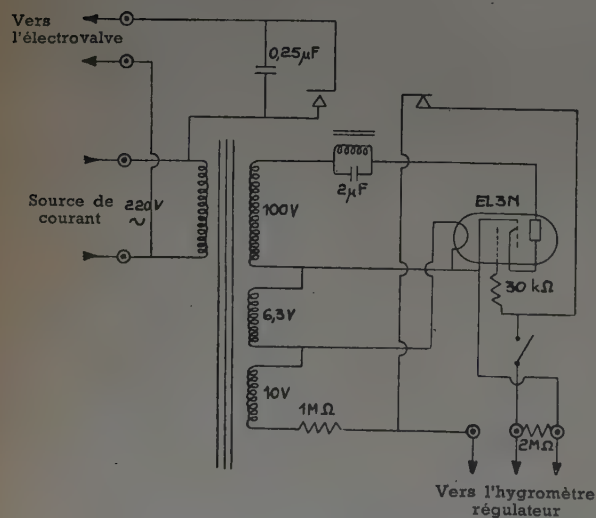


FIG. 4. — Schéma du relai électronique de l'hygromètre régulateur.

Pour réaliser la source d'air sec, on a utilisé l'air comprimé débarrassé préalablement de CO_2 par un barbotage dans la potasse, puis séché par barbotage dans l'acide sulfurique et enfin débarrassé de l'acide en suspension

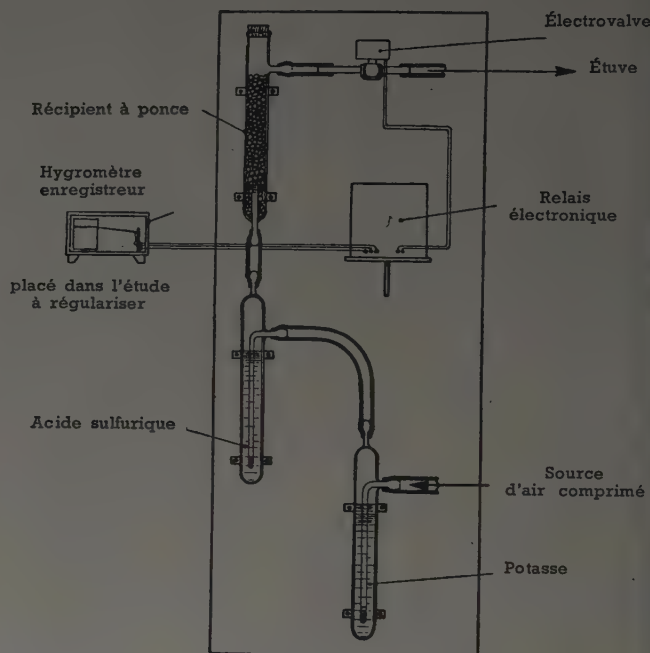


FIG. 5. — Dispositif de production d'air sec.

dans un tube rempli de ponce. Le détail de cette installation est représenté schématiquement par la figure 5. La figure 6 donne l'enregistrement de l'hygrométrie à l'intérieur d'une armoire forcée. On remarquera que la fréquence des admissions d'air sec est plus grande dans la zone comprise entre A et B.

Cela tient à ce que, pendant la période correspondante, on avait introduit de nouvelles éprouvettes fraîches et que, par conséquent, l'évaporation était plus importante que pendant la période représentée par la zone comprise entre B et C.

Après un séjour de 15 j dans les armoires forcées, les éprouvettes sont conservées dans des armoires où l'hygrométrie est maintenue constante par une solution d'acide sulfurique dont la concentration est fonction de l'état

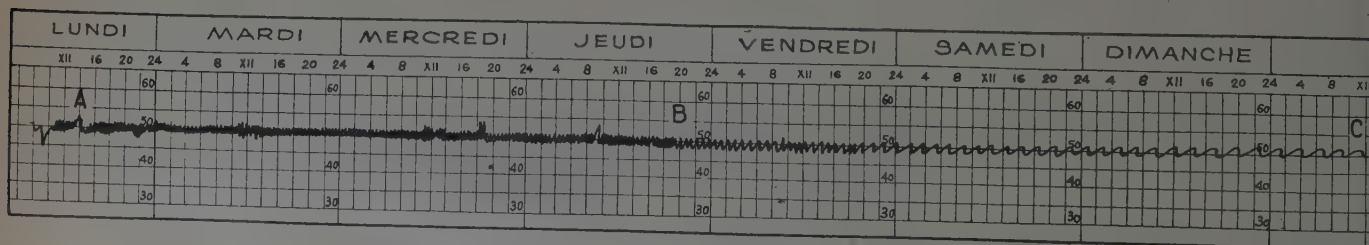


FIG. 6. — Enregistrement de l'hygrométrie dans une armoire à hygrométrie forcée.

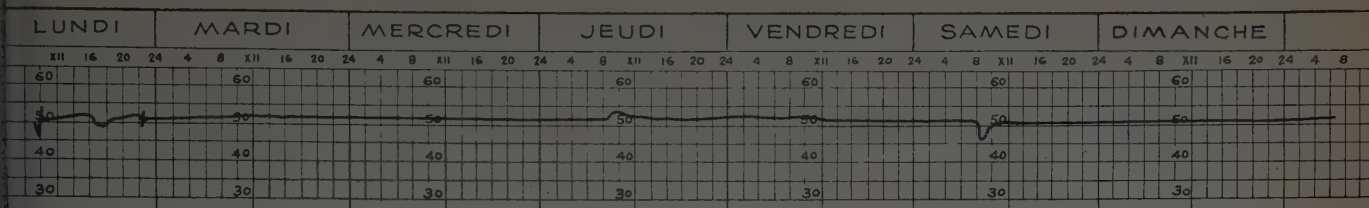


FIG. 7. — Enregistrement de l'hygrométrie dans une armoire à hygrométrie stabilisée par l'acide sulfurique.

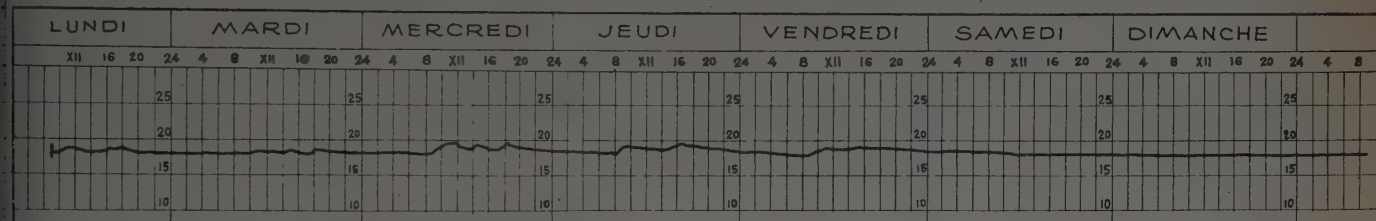


FIG. 8. — Enregistrement de la température dans une armoire à hygrométrie forcée.

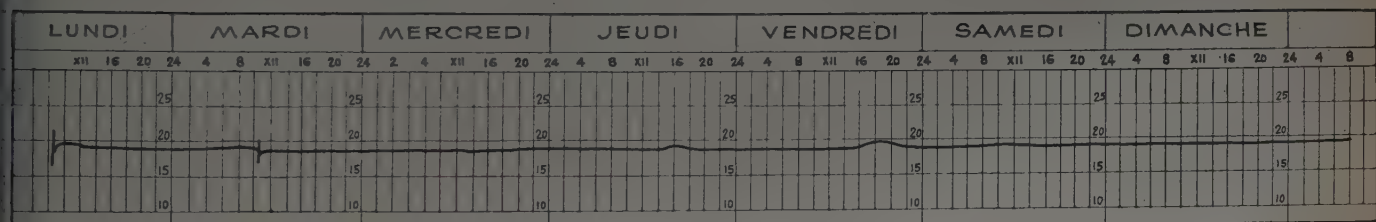


FIG. 9. — Enregistrement de la température dans une armoire à hygrométrie stabilisée.

hygrométrique désiré. La solution est contenue dans un bac en plomb situé à la partie inférieure; ce bac est de grande dimension de manière à ce qu'il y ait grande surface de contact entre la solution et l'air de l'enceinte. La figure 7 donne le diagramme d'enregistrement de l'hygrométrie obtenue.

La température est maintenue constante dans les armoires par une résistance chauffante dont la marche est commandée par un thermostat. Les figures 8 et 9 représentent les enregistrements de température pour une étuve forcée et pour une étuve stabilisée.

Pour obtenir la déformation du ciment à 100 % d'humidité les éprouvettes ont été placées dans l'eau à 20°. Cependant, quelques déformations anormales ayant été observées, nous avons constaté que l'action du gaz carbonique dissous et la dissolution de la chaux du ciment pouvaient intervenir. En conséquence, nous avons jugé préférable de construire une armoire spéciale à atmosphère saturée où une lame d'eau, coulant en permanence sur les parois, est reçue dans un bac qui forme le fond de l'armoire et s'écoule par un trop-plein. La température de l'eau est maintenue à 20° par un système de résistances à thermostat. Le schéma de cette installation est donné à la figure 10. Cependant, le dispositif n'ayant été réalisé

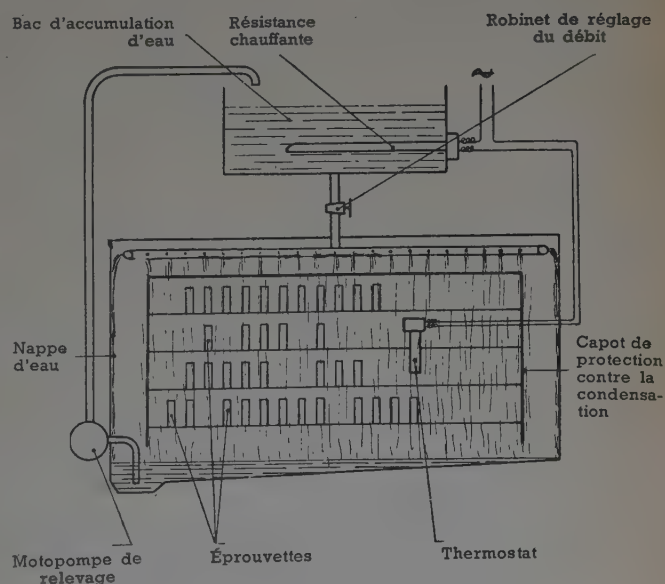


FIG. 10. — Schéma d'une étuve à 100 % d'hygrométrie.

que tardivement, les mesures de retrait alterné ou arrêté portent sur une conservation dans l'eau.

MATIÈRES PREMIÈRES

Le ciment employé était un ciment du commerce dont nous nous sommes approvisionnés en 1946. La granulométrie représentée par la figure 11 a été obtenue par la méthode de la pipette d'ANDREASEN. Le poids spécifique du ciment était de 3,12.

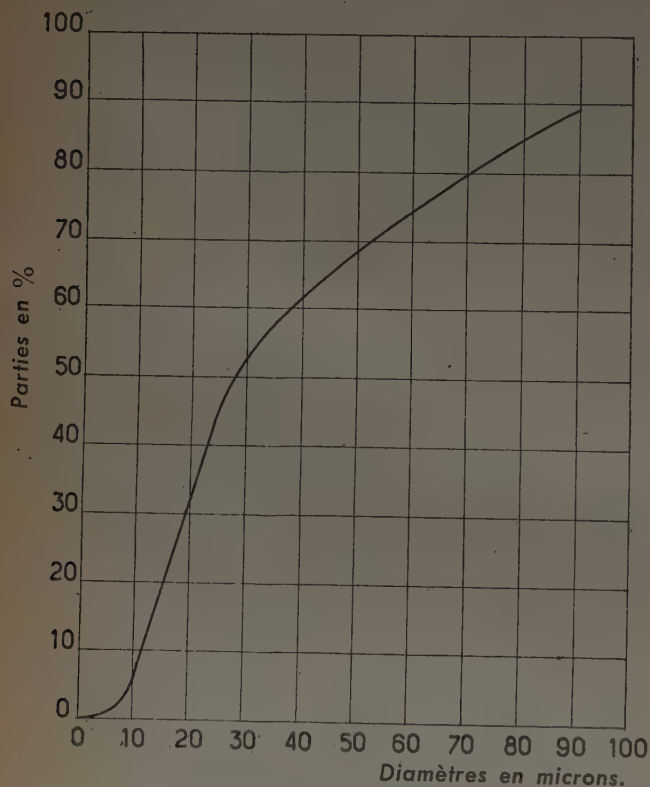


FIG. 11. — Courbe granulométrique cumulative du ciment employé.

Les essais normaux ont donné les résultats ci-après :

NATURE de l'essai	RÉSISTANCE EN KC/CM ² DU MORTIER PLASTIQUE 1 POUR 3 à l'âge de :		
	2 j	7 j	28 j
Compression	80	225	330
	90	245	340
	100	275	360
	Moyenne 90	Moyenne 248	Moyenne 343
Traction	9,8	19,3	29,5
	10,2	23	29,6
	11,2	24,4	31,8
	Moyenne 10,4	Moyenne 22,2	Moyenne 30,3

Densité apparente	1,010
Durée de prise { début.....	4,15 h
fin	6,45 h
Eau de gâchage, pâte normale : $\frac{E}{C}$	0,25

Ce ciment a été conservé dans des récipients étanches jusqu'à utilisation.

Le basalte broyé mélangé au ciment comme indiqué plus loin possède la granulométrie indiquée par la figure 27.

Les ciments et les mélanges ciment-basalte ont été gâchés à la main avec la quantité d'eau distillée indiquée par le rapport $\frac{\text{eau}}{\text{ciment}}$ en poids $\frac{E}{C}$. La mise en place a été également faite à la main.

ESSAIS DE RETRAIT CONTINU SUR PÂTE PURE

Le ciment a fait l'objet d'un essai de retrait absolu par la méthode de LE CHATELIER. Une bouillie claire et désaérée de ciment à grand excès d'eau est introduite dans un réservoir surmonté d'un tube parfaitement calibré fermé à la lampe (fig. 12). Le réservoir, agité de temps à autre pendant les premiers jours pour éviter la prise en masse, est mis en observation et l'on constate la baisse

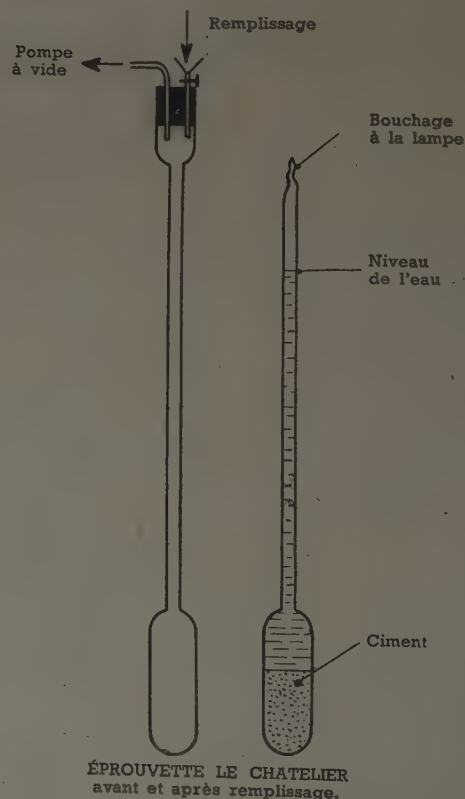


FIG. 12. — Dispositif d'essai de retrait absolu (LE CHATELIER).

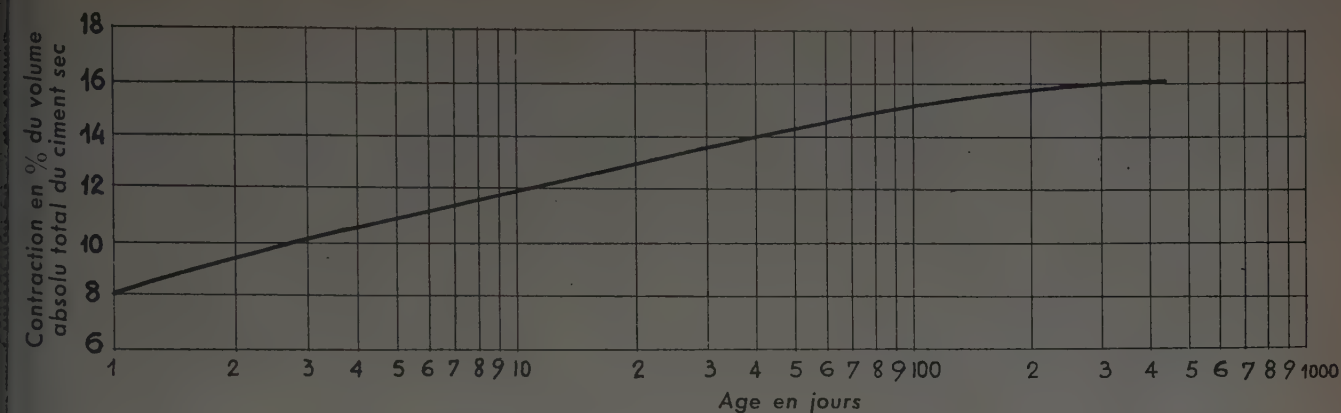


FIG. 13. — Mesure de la contraction des hydrates par la méthode de LE CHATELIER.

de hauteur du liquide dans le tube. Cette mesure permet de calculer la contraction qui accompagne la combinaison eau-ciment dans la formation des hydrates. On la rapporte habituellement au volume absolu des grains de matière sèche. Pour le ciment employé, cette contraction est indiquée sur la figure 13. Elle atteint son maximum à 500 j avec 16 %. Si on la rapporte au volume d'une pâte gâchée avec $\frac{E}{C} = 0,25$, on trouve que le volume de l'eau par rapport au volume total est :

$$\frac{E}{V} = 0,65$$

La densité de la pâte : 2,65;

Et la contraction : $\frac{\delta_e}{V} = -0,09$ soit 9,0 %

A titre de vérification, la même expérience a été faite avec la poudre de basalte inerte et a donné une contraction nulle.

Le poids spécifique de cette poudre de basalte étant de 2,75, on a fait un mélange de deux parties égales en poids : ciment-basalte, ce qui correspond à une proportion en volume $\frac{C}{C+B} = 0,46$. On a trouvé une contraction sensiblement égale à celle qui aurait été obtenue pour le seul ciment du mélange.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

I. — ESSAIS SUR PÂTE PURE

ESSAIS D'ABSORPTION D'EAU

Une première gâchée a été faite avec $E/C = 0,25$ et deux séries d'éprouvettes, les unes conservées dans l'eau distillée, les autres dans l'air humide. On a déterminé la variation de poids en fonction du temps et constaté que les deux milieux de conservation donnaient des résultats identiques à très peu de chose près (fig. 14, courbe A). L'augmentation de poids est sensiblement stabilisée à 600 j et correspond à une absorption d'eau maximum en poids de 3,5 %. En considérant une densité de la pâte de 2,65, on voit que l'absorption d'eau correspond bien à la contraction des hydrates car elle donne comme augmentation du volume des vides :

$$\frac{\delta e}{V} = 0,035 \times 2,65 = 0,093 = 9,3 \%$$

très voisin du chiffre que donne l'essai de LE CHATELIER. La courbe d'absorption d'eau peut être représentée par l'expression ⁽¹⁾ :

$$e_a = \frac{3,5}{100} [1 - e^{-0,35 t^{1/2}}] \text{ en poids}$$

ou :

$$\epsilon_a = \frac{9,3}{100} [1 - e^{-0,35 t^{1/2}}] \text{ en volume.}$$

où t correspond au temps écoulé depuis le début des mesures c'est-à-dire depuis l'âge de 1 j.

⁽¹⁾ Le « e » sans indice est la base des logarithmes népériens.

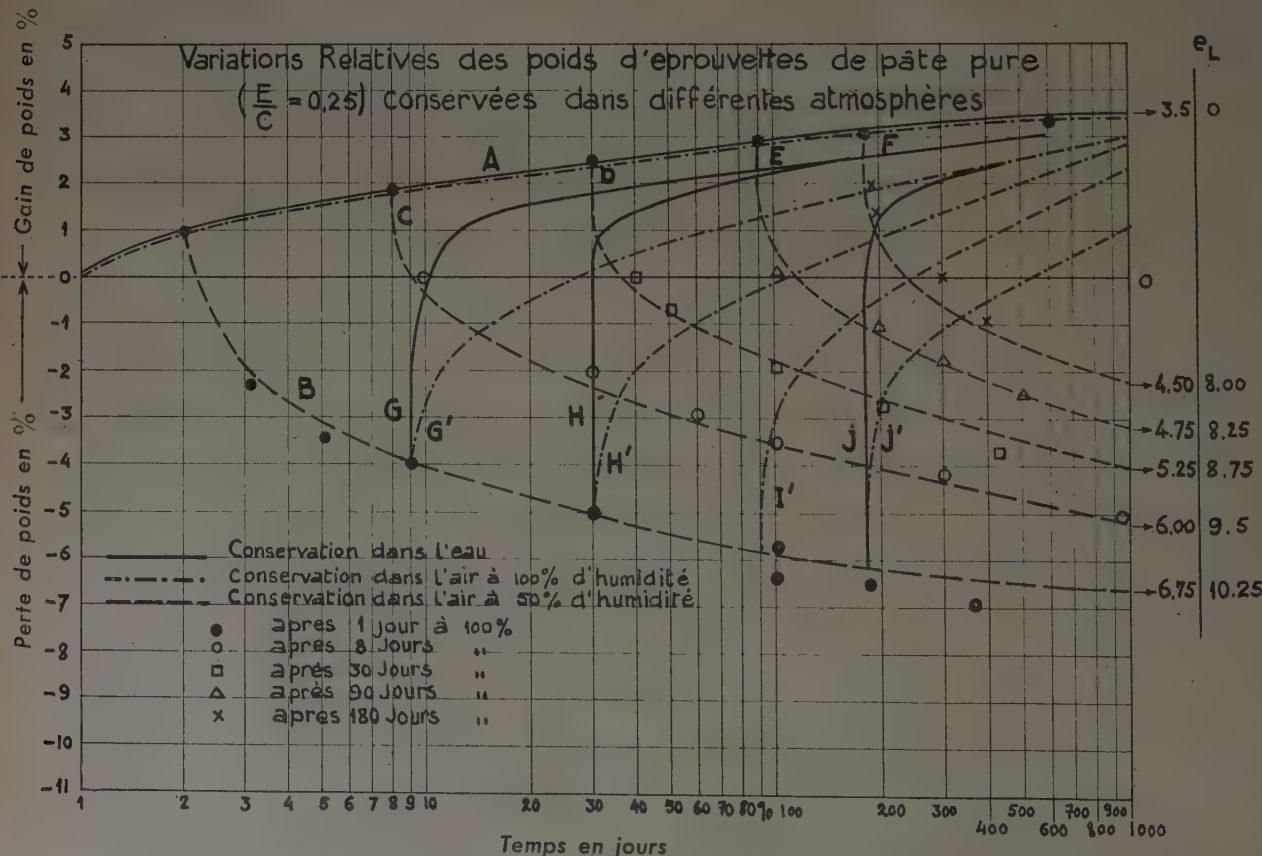


FIG. 14. — Variations relatives des poids d'éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées dans différentes atmosphères.

ESSAIS DE DESSICCATION A L'AIR SEC

Après une durée de 2 j, 8 j, 30 j, 90 j et 180 j de conservation à l'eau, les éprouvettes ont été placées dans les armoires à 50 % d'humidité. Les pertes de poids correspondantes sont données par les courbes B, C, D, E, F, de la figure 14.

En se reportant à notre précédente étude, figure 107 (1), on peut constater que la variation relative de poids d'une éprouvette initialement en équilibre sous une hygrométrie θ_1 et placée dans une atmosphère d'hygrométrie θ_2 est donnée par un développement en série assez compliqué. La relation entre la quantité d'eau ε déplacée au temps t et la quantité d'eau ε_m totale déplacée après mise en équilibre peut être représentée par la fonction empirique suivante qui correspond assez exactement aux courbes obtenues point par point :

$$\varepsilon = \varepsilon_m [1 - e^{-\kappa \sqrt{t}}]$$

où :

$$\kappa = \alpha \sqrt{\frac{\rho}{D^3}}$$

D étant le côté du prisme, ρ un coefficient de perméabilité. L'expérience nous avait montré que ρ variait en fonction de l'âge suivant une expression : $\rho = \beta t^{-1/3}$. On trouve donc, en remplaçant κ par sa valeur dans la formule précédente :

(1) R. L'HERMITE, Le retrait des ciments, mortiers et bétons, Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Circulaire F. 37 du 2 juin 1947.

$$\varepsilon = \varepsilon_m \left[1 - e^{-\frac{\gamma}{D} t^{1/3}} \right]$$

Les courbes de dessiccation de la figure 14 correspondent bien à cette fonction théorique qui donne la perte de poids relative e_v après un temps t de mise à l'air rapportée à la courbe A prise comme référence :

$$e_v = -e_{L(a)} [1 - e^{-\kappa_a t^{1/3}}]$$

où $e_{L(a)}$ est la quantité d'eau maximum évaporée pour une mise à l'air à 50 % à l'âge a et κ_a un coefficient d'évaporation. Ce dernier est une fonction de l'âge de mise à l'air auquel il est relié par la formule : $\kappa_a = \kappa_0 a^{-1/6}$, avec : $\kappa_0 = 0,35$. Enfin, $2e_{L(a)}$ est la quantité d'eau libre à l'âge a et, si nous appelons $e_{c(a)}$ la quantité d'eau non évaporable, et $e_{a(a)}$ la quantité d'eau absorbée à l'âge a , nous avons à l'âge a' :

$$2e_{L(a')} = 2e_{L(a)} + [e_{c(a)} - e_{c(a')}]$$

Or il se trouve que

$$e_{c(a)} - e_{c(a')} \neq 2(e_{a(a)} - e_{a(a')})$$

ce qui permet de déduire les courbes de dessiccation les unes des autres et ce qui permet également de constater que la quantité d'eau fixée dans la conservation à l'eau est voisine du double de l'augmentation relative de poids tandis que la quantité d'eau fixée à 50 % d'humidité est faible (voir fig. 15).

Cette expression de l'évaporation met encore en évidence un changement de régime de la perméabilité au moment de la mise à l'air sec. On peut voir sur la figure 14 qu'elle correspond aussi exactement que possible aux résultats expérimentaux obtenus.

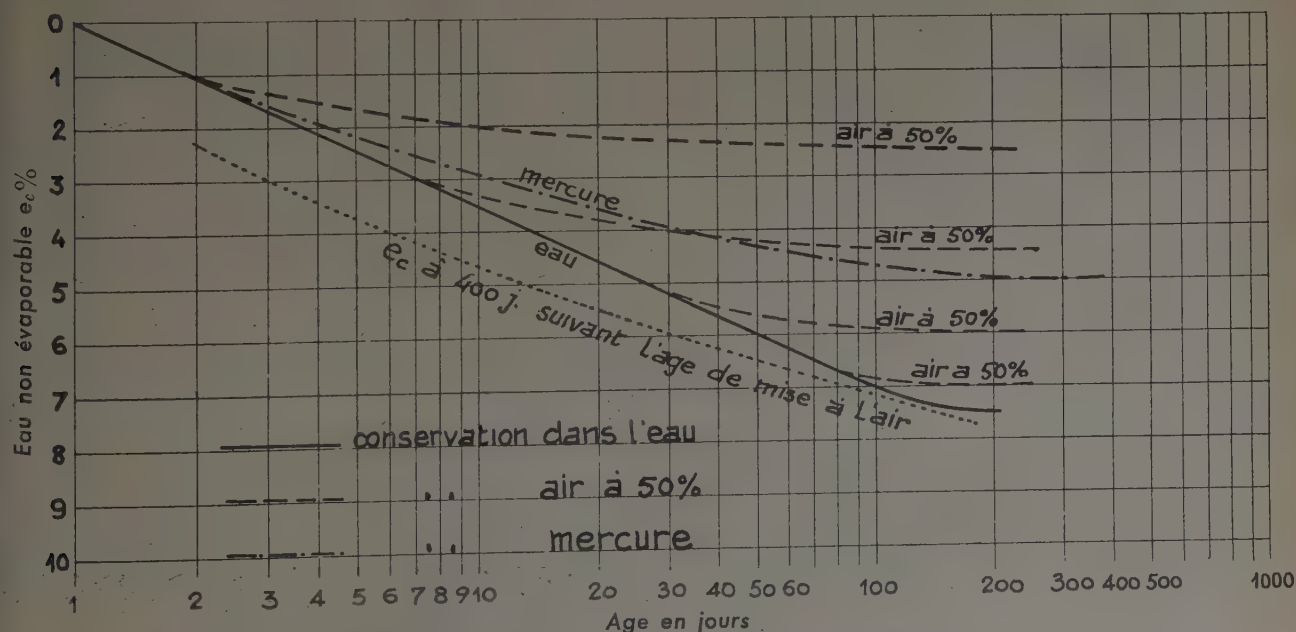


FIG. 15. — Eau non évaporable subsistant après différents modes de conservation ($E/C = 0,25$).
(Les valeurs ne tiennent pas compte de l'eau absorbée pendant le premier jour.)

ESSAIS D'ABSORPTION APRÈS DESSICCATION

Après un séjour de 1 j dans l'eau puis 7 j, 30 j et 180 j dans l'air à 50 % d'humidité, les éprouvettes ont été à nouveau placées dans l'eau. Les prises de poids sont indiquées par les courbes G, H, et J de la figure 14. L'augmentation de teneur en eau est très rapide et le poids tend très vite à reprendre les valeurs indiquées par la courbe A de conservation continuelle dans l'eau. Si l'on fait un calcul analogue à celui du paragraphe précédent, on doit trouver par rapport à la courbe de référence A,

$$e_v = e_{v_0} + e^{-K_v t^{1/2}}$$

ou :

$$e_{v_0} = e_v(a')$$

a' représentant l'âge où l'on remplace l'hygrométrie 50 % par la saturation. Cette expression donne les courbes G', H', I' et J' qui accusent une augmentation de poids bien plus lente et qui correspondent à l'atmosphère à

100 % d'humidité et non pas à l'eau liquide. Cette dernière pénètre vraisemblablement d'une façon plus rapide dans les pores du ciment grâce aux forces de capillarité.

L'ensemble des courbes de la figure 14 permet de reconnaître quelle peut être la quantité d'eau contenue dans un ciment qui a été soumis à diverses conditions de conservation. Elle montre surtout que la quantité d'eau susceptible d'être évaporée diminue lorsque la durée de conservation dans l'eau s'accroît et que toute l'eau évaporée correspond à des vides qui peuvent toujours être remplis.

RETRAIT CONTINU

L'évaporation ayant été ainsi étudiée, il reste à examiner le retrait en relation avec les pertes d'eau.

Le séjour permanent du ciment dans l'eau ou dans une atmosphère saturée donne un gonflement indiqué par la courbe A de la figure 16. Ce gonflement est dû à un phé-

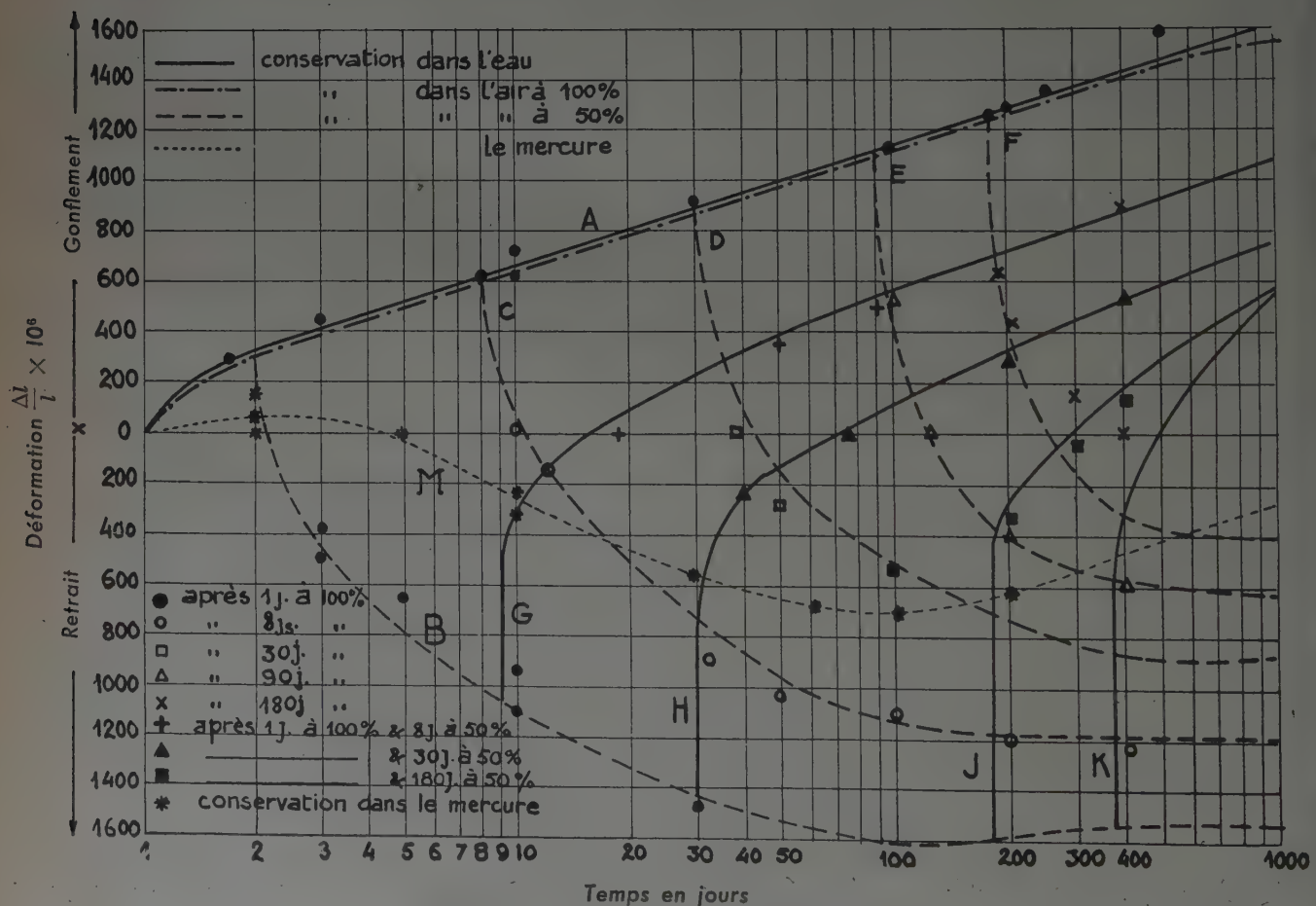


FIG. 16. — Gonflement et retrait d'éprouvettes de pâte pure (E/C = 0,25) conservées dans différentes atmosphères.

nomène de nature chimique qui ne peut être expliqué par la seule thermodynamique et qui semble se poursuivre au delà de 500 j, âge actuel des éprouvettes en observation (mai 1949).

Les retraits, s'ils sont dus uniquement à l'évaporation, comme le suppose notre théorie, doivent être comptés par rapport à la courbe de référence A. Rappelons que nous avons supposé que le retrait était dû à la présence d'une phase liquide sous une tension Π qui, par réaction, met en compression la phase solide. Si ε est le volume de cette phase liquide et si elle subit une variation $d\Pi$ de tension, elle subit une variation de volume :

$$d\varepsilon = \alpha \varepsilon d\Pi$$

où α est un coefficient de compressibilité.

Si l'état d'équilibre est atteint pour une hygrométrie à 50 %, les quantités totales évaporées e_e doivent être moitié de l'eau évaporable. En partant des chiffres donnés par la dernière colonne de droite de la figure 14, que nous appellerons e_L et qui représentent l'évaporation limite à 50 %, en partant par ailleurs de l'eau contenue au total dans la pâte soit 0,20, on trouve que l'eau non évaporable est :

MISE A L'AIR A	2 j	8 j	30 j	90 j	180 j
Eau non évaporable e_e en %	2,5	4,5	6,0	7	7,5

Ceci montre que le maintien dans l'air sec s'oppose à l'hydratation du ciment puisque l'eau non évaporable, donc combinée, est d'autant plus faible que la mise à l'air a été faite plus tôt. Mais, pour élucider complètement cette question, il sera nécessaire d'étudier la variation de l'évaporation avec le degré d'humidité de l'air ambiant. Le tableau précédent montre encore que les chiffres e_e obtenus sont très voisins des doubles des quantités d'eau absorbées e_a .

D'autre part, une variation de volume d'eau conduit à une variation correspondante de l'état hygrométrique des vides internes du ciment.

$$d\varepsilon = \beta d\theta$$

et si cet état hygrométrique est défini, il se produit une condensation ou une évaporation qui tend à annuler $d\varepsilon$ Π en résulte que l'équation

$$d\Pi = \alpha \frac{d\varepsilon}{\varepsilon}$$

donne bien la variation de tension dans le liquide sous l'influence d'une variation $d\varepsilon$ de teneur en eau. Son intégrale est :

$$\Pi = \alpha \log \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

où ε_0 est la quantité d'eau de saturation pour laquelle Π est nulle.

Le retrait qui en résulte est :

$$\Delta = \varepsilon \beta \log \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

où β est une constante sans dimension.

On peut essayer d'appliquer cette théorie en tenant compte de l'évaporation moyenne du prisme, bien qu'il s'y produise des tensions internes. Tous les points du volume ne sont en effet, avant l'équilibre, ni dans le même état d'humidité ni au même retrait. Il sera alors indispensable d'appliquer un coefficient de correction qui reste à trouver.

Examinons en premier lieu les retraits à l'âge le plus avancé, c'est-à-dire à 400 j. En tenant compte des données de la figure 14, on vérifie que

$$\Delta_{400} = 0,045 (2e_L - e_v) \log \frac{2e_L - e_v}{2e_L}$$

où e_v est la quantité d'eau manquante au temps considéré par rapport à la courbe de référence A.

$(2e_L - e_v)$ représente l'eau libre restante et $\frac{2e_L - e_v}{2e_L}$ est l'humidité relative moyenne.

Bien que ce soit une approximation et sans avoir trouvé la possibilité de calculer la quantité d'eau libre existant à chaque âge et pour chaque condition de conservation, nous avons tenté d'employer l'expression continue du retrait en tenant compte uniformément de la valeur limite :

$$\Delta = \lambda (2e_{La} - e_v) \log \frac{2e_{La} - e_v}{2e_{La}}$$

où e_{La} est l'évaporation limite correspondant à la mise à l'air à l'âge a.

Le coefficient de déformation λ qui tend vers 0,045 pour un temps supérieur à 100 j se compose d'une partie constante λ_E et d'une partie variable λ_P . Ces derniers sont facilement représentés par une expression de forme exponentielle de sorte que l'on trouve avec :

$$\lambda = 0,030 + 0,015 (1 - e^{-0,037t})$$

et l'expression du retrait indiquée plus haut, les courbes de retrait B, C, D, E, F, qui correspondent sensiblement aux résultats des mesures.

Pour obtenir les courbes de gonflement G, H, J, on peut partir des courbes de remise à l'eau et, en appliquant le seul coefficient de déformation élastique $\lambda_E = 0,030$, écrire :

$$\Delta_G = \Delta_r + 0,030 (2e_L - e_v) \log \frac{2e_L - e_v}{2e_L}$$

où Δ_r est le retrait résiduel.

On peut dire que cette valeur est sensiblement égale au tiers du retrait total au moment de la mise à l'eau.

On voit que les gonflements mesurés correspondent réellement à ceux que donne le calcul. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet à l'occasion des retraits alternés.

Afin de connaître le retrait en l'absence de toute évaporation ou absorption d'eau, une série d'éprouvettes a été conservée dans le mercure. Ceci correspond à la courbe M de la figure 16 et à la courbe correspondante de la figure 15. On voit que les éprouvettes tendent vers un retrait de $1\,900 \times 10^{-6}$, stable au delà de 200 j.

L'eau totale que peut contenir l'éprouvette à cet âge est :

$$2e_L + e_c = 0,235,$$

où e_c est la quantité d'eau absorbée par le ciment.

On peut alors écrire :

$$1\,900 \times 10^{-6} = 0,045 (0,235 - 2e_c) \log \frac{0,235 - 2e_c}{0,235 - e_c}$$

et l'on trouve :

$$e_L = 0,0925 \quad e_c = 0,05.$$

On voit que la conservation sans échange d'humidité avec l'air ambiant (adiabatique) ne permet pas l'hydratation complète puisque la quantité d'eau nécessaire à cette hydratation est supérieure à 8 % ainsi que nous l'avons vu plus haut.

En faisant un calcul analogue pour différents âges, on trouve :

AGE	10 j.	30 j.	100 j.	400 j.
Eau non évaporable e_c .	2,85 %	4 %	4,7 %	5 %
Volume de vides $2e_c$.	19,25 %	18,5 %	18,5 %	18,5 %
Humidité relative	0,85	0,78	0,74	0,73

Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'eau déjà combinée après 24 h de conservation à l'eau.
 e_c est l'eau évaporable à 50 % d'humidité à chaque âge.

On voit que, sous l'influence de l'hydratation, l'équilibre interne correspond à une tension de vapeur légèrement inférieure à 75 % d'humidité relative. Sur la figure 15 nous avons tenté de représenter la quantité d'eau non évaporable qui subsiste après différentes conditions de conservation.

Sur la figure 17, nous avons reporté le retrait mesuré par rapport à la courbe de référence A de la figure 16 en fonction de l'eau évaporée considérée par différence avec la courbe A de la figure 14. On voit que la mise à l'air à 1 j. donne une courbe sinueuse.

Les retraits après conservation à l'eau de plus en plus prolongée se traduisent par des courbes qui se redressent et qui tendent, après 30 j., à se confondre avec la droite à coefficient angulaire :

$$\frac{d\Delta}{de} = \frac{3,6}{100} \text{ en poids.}$$

Si l'on reporte également le retrait dans le mercure en fonction de l'eau absorbée, calculée plus haut (fig. 15), on trouve que la courbe se confond sensiblement avec la courbe à 30 j de mise à l'air; elle est donc sensiblement rectiligne avec :

$$\frac{d\Delta}{de} = \frac{3,6}{100}$$

Elle est en tout cas de la famille des précédentes, ce qui confirme notre point de vue sur l'équilibre thermodynamique interne du ciment.

En résumé, on peut dire que le retrait de notre ciment, rapporté à la quantité d'eau absorbée intérieurement ou extérieurement sera toujours inférieur à :

0,036e en poids d'eau;

0,095e en volume d'eau.

Le retrait résiduel après remise à l'eau sera :

$$\Delta_r = \frac{\Delta_0}{3}$$

où Δ_0 est le retrait atteint au moment de la mise à l'eau.

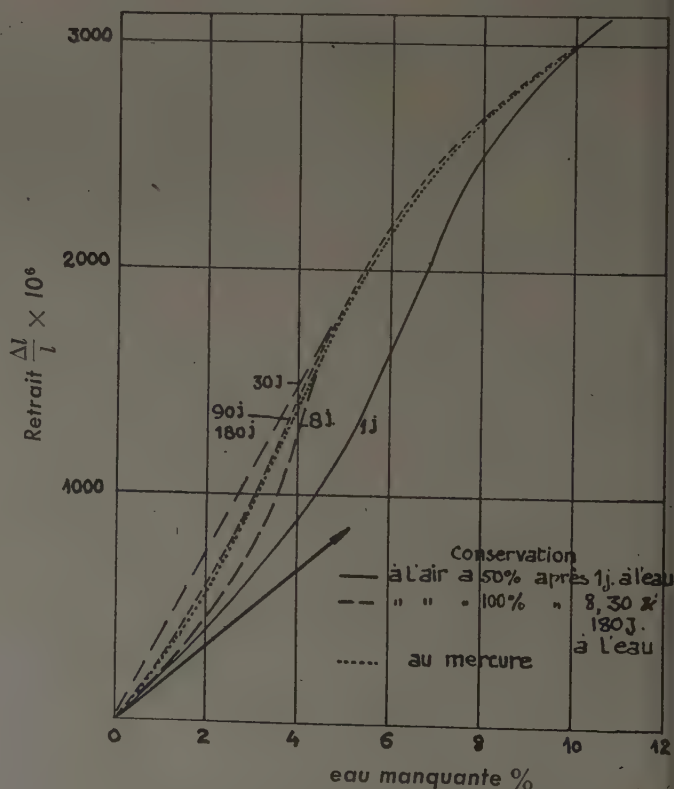


FIG. 17. — Relations entre le retrait et l'eau évaporée dans différents milieux de conservation pour une pâte pure E/C = 0,25.

VARIATION DE L'EAU DE GÂCHAGE

Les précédentes expériences ont porté sur des pâtes de ciment comprenant un rapport $E/C = 0,25$ en poids. Quelques tentatives ont été faites pour déterminer l'influence de la proportion d'eau de gâchage sur le retrait. Elles n'ont pas porté sur un nombre suffisant d'essais pour que l'on puisse en déduire une loi précise.

Cependant, on constate que le retrait à 400 j augmente avec le rapport E/C , en même temps que la quantité d'eau évaporée. Il passe de $3\,000 \times 10^{-6}$ avec $E/C = 0,25$ à $3\,250 \times 10^{-6}$ avec $E/C = 0,40$, tandis que l'eau évaporée passe de 10 % à 15 % par rapport à la saturation. Nous avons l'intention de reprendre spécialement cette étude dans un travail ultérieur.

DÉFORMATIONS DU CIMENT
DANS DIFFÉRENTS LIQUIDES

Il nous a paru intéressant d'étudier les gonflement ou retrait de la pâte pure ($E/C = 0,25$) conservée dans différents liquides, après 1 j de durcissement. Nous avons employé l'eau distillée, l'eau de mer, l'alcool et l'essence pour automobile. On en verra l'illustration sur les figures 18 et 19. On constate que, si la quantité d'eau est 23,5 %, les différences de poids dues à la substitution des densités sont, par rapport aux résultats donnés par l'eau distillée :

Eau de mer	+ 0,5 %
Essence	— 2,5 %
Alcool	— 4,5 %

tandis que les chiffres observés sont très voisins des précédents. En examinant les courbes de retrait et de gonfle-

ment, on constate que l'eau de mer donne un gonflement considérable dû certainement à une action chimique. L'alcool donne également un gonflement provoqué vraisemblablement par l'eau qu'il contient, bien que, à cause de la différence de densité dont nous parlions plus haut, il accuse une diminution de poids. L'essence, au contraire, donne une légère augmentation de poids et conduit à un retrait que nous trouvons légèrement supérieur au retrait en espace clos (mercure). Il y a probablement absorption d'eau par l'alcool anhydre qui est contenu dans l'essence du commerce et qui, au point de vue du retrait, provoque un phénomène analogue à l'évaporation.

RETRAITS ALTERNÉS

Dans une série d'expériences, nous avons étudié le mouvement du ciment soumis à des alternances d'humidité et de dessiccation. La demi-période de base a été prise à 28 j. Sur les figures 20 et 21, on verra la variation de poids et la variation de longueur. On constate que la diminution de poids au cours de chacune des mises à l'air répond bien à la formule qui tient compte du coefficient de perméabilité :

$$e_p = e_e \left(1 - e^{-\frac{0,35t^{1/2}}{a^{1/2}}} \right)$$

soit :

$$e_p = e_e (1 - e^{-1,07a^{-1/2}})$$

où a est l'âge correspondant et e_e l'eau évaporable pour 50 % à cet âge. Ceci donne, à 120 j, 0,019, tandis que l'expérience donne 0,020, et, à 600 j, 0,015, tandis que l'expérience donne 0,015. Il ne faut pas chercher plus de précision dans ce calcul approximatif.

La déformation correspondante donnée sur la figure 21 vérifie très bien la formule :

$$\Delta = \frac{\Delta_0}{3} + 0,03 (2e_e - e_p) \log \frac{2e_e - e_p}{2e_e}$$

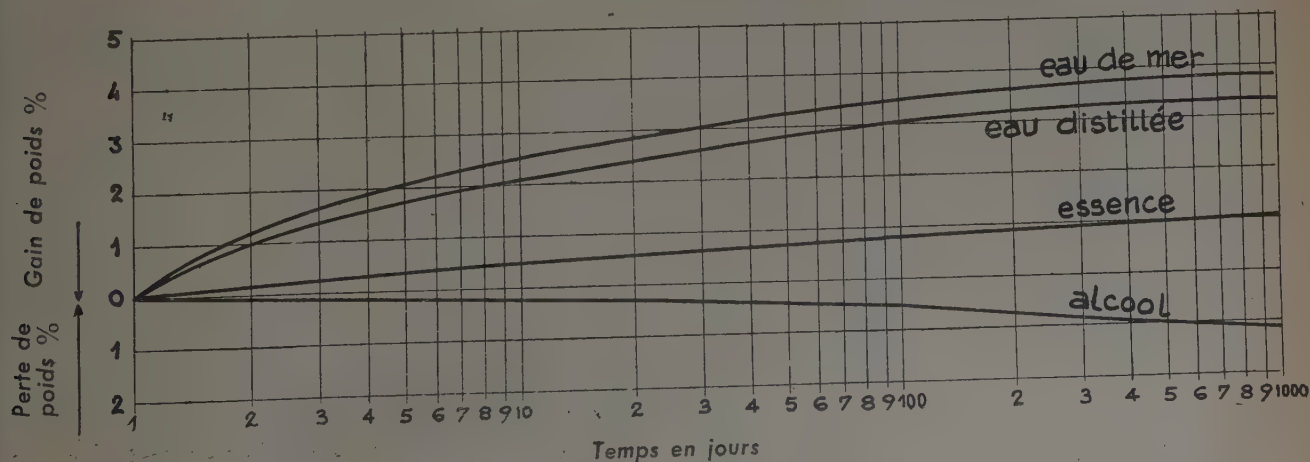
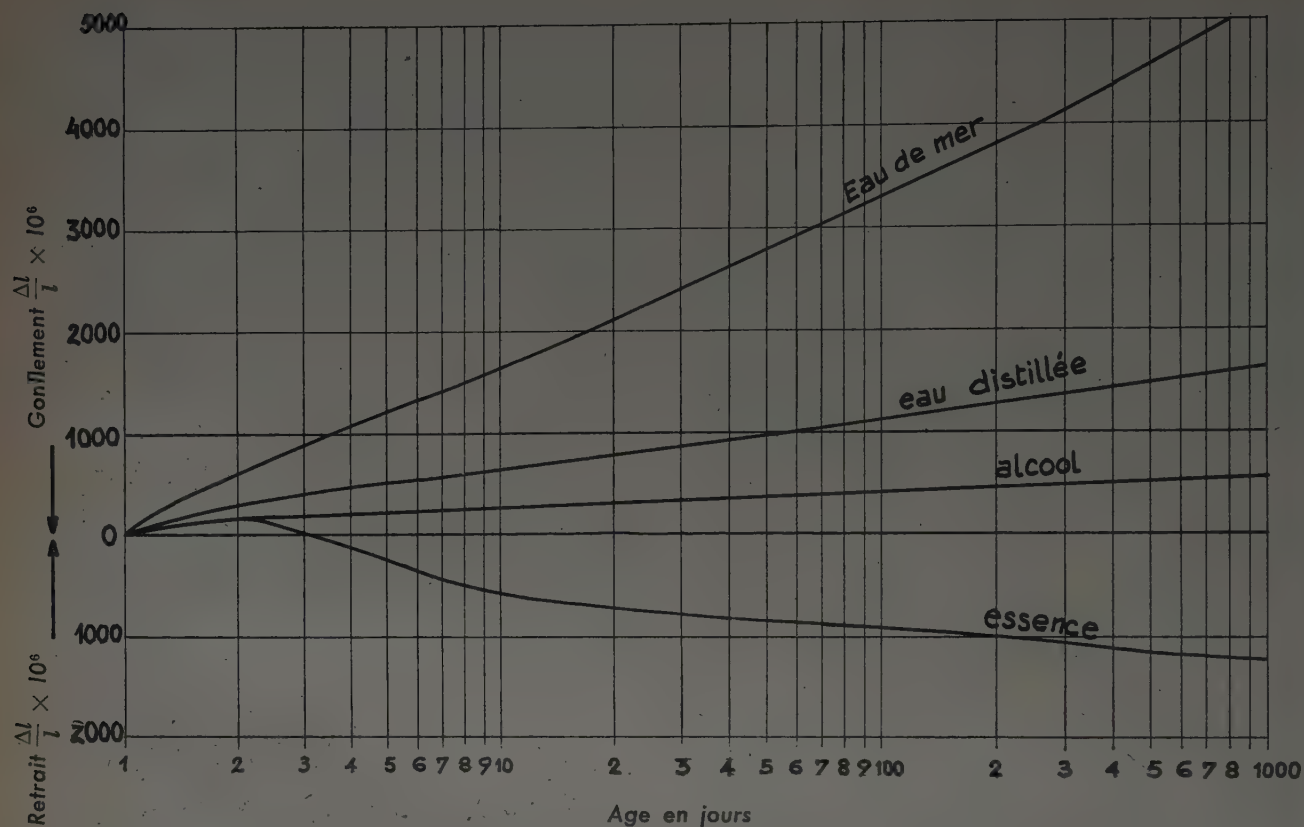
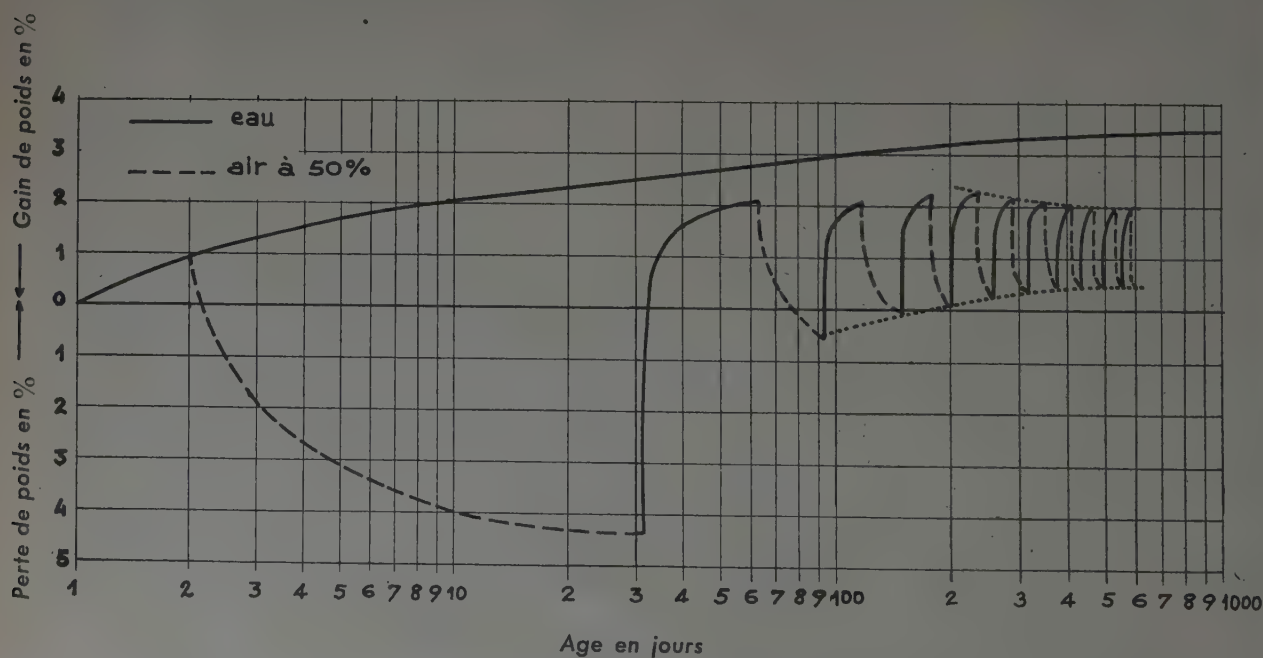
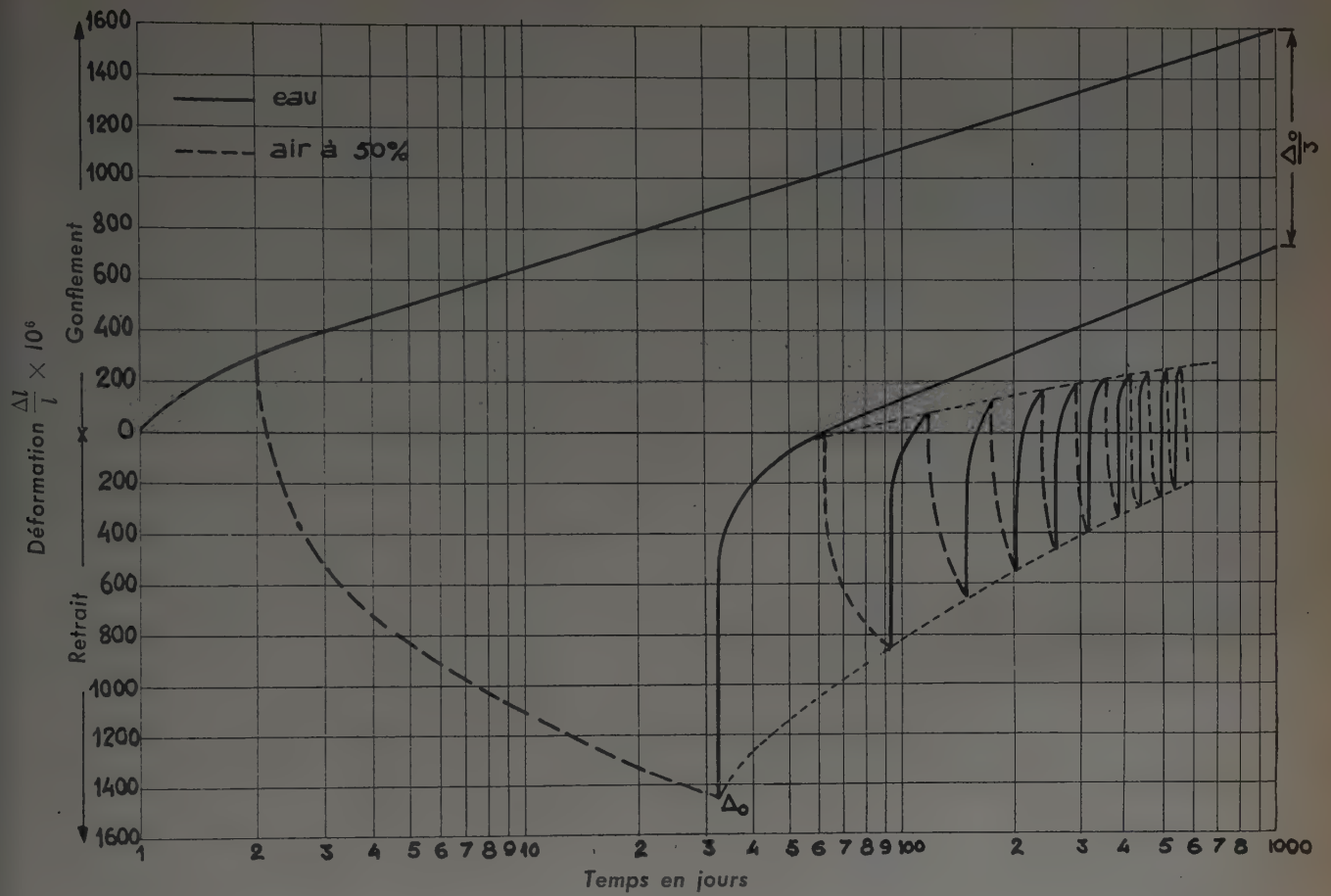
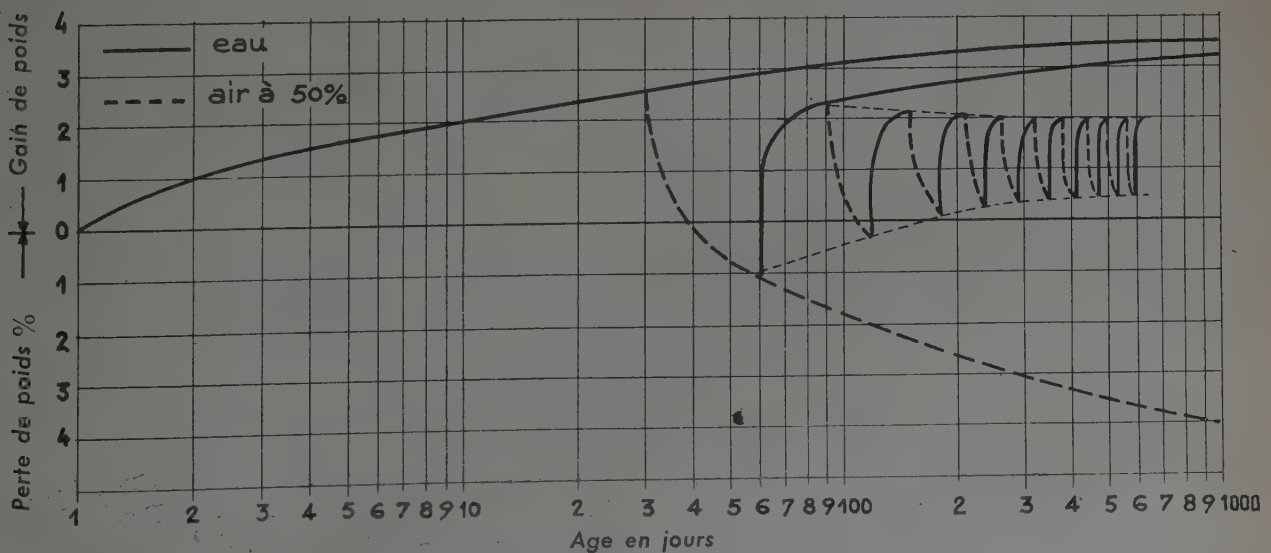
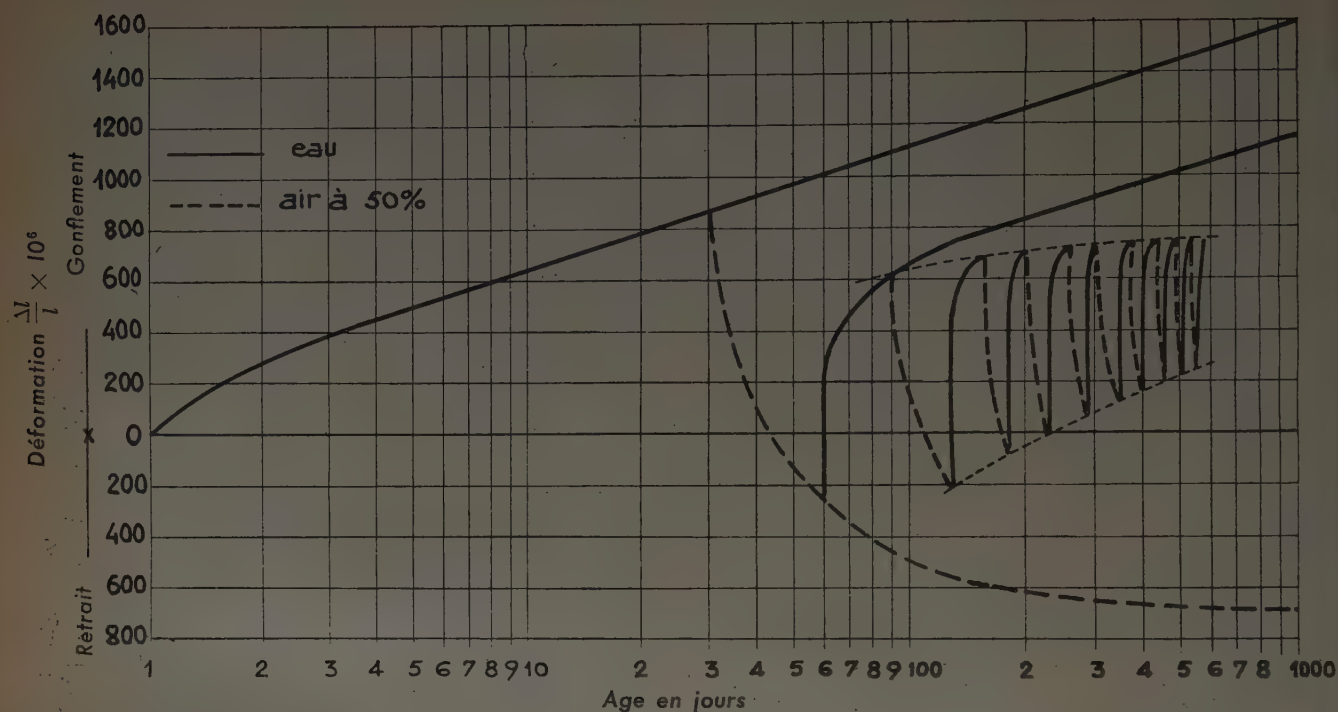
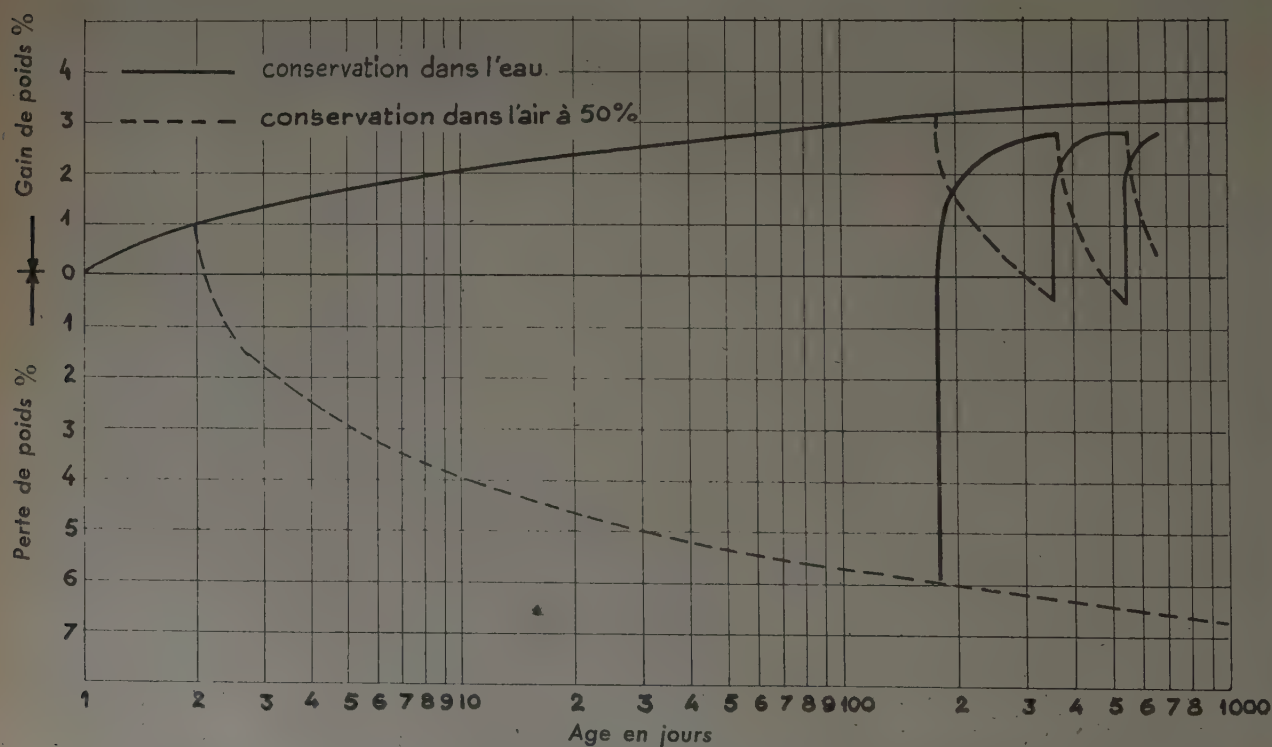


FIG. 18. — Variation de poids d'éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées dans différents liquides


 FIG. 19 — Déformations des éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées dans différents liquides.

 FIG. 20. — Variations de poids d'éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées alternativement 30 j à l'air à 50 % et 30 j à l'eau.


 FIG. 21. — Déformations d'éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées alternativement 30 j à l'air à 50 % et 30 j à l'eau.

 FIG. 22. — Variations de poids d'éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées alternativement 30 j dans l'eau puis 30 j dans l'air à 50 %.


 FIG. 23. — Déformations d'éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées alternativement 30 à l'eau puis à l'air à 50 %.

 FIG. 24. — Variation relative de poids d'éprouvettes de pâte pure ($E/C = 0,25$) conservées alternativement 180 j dans l'air à 50 % et 180 j dans l'eau.

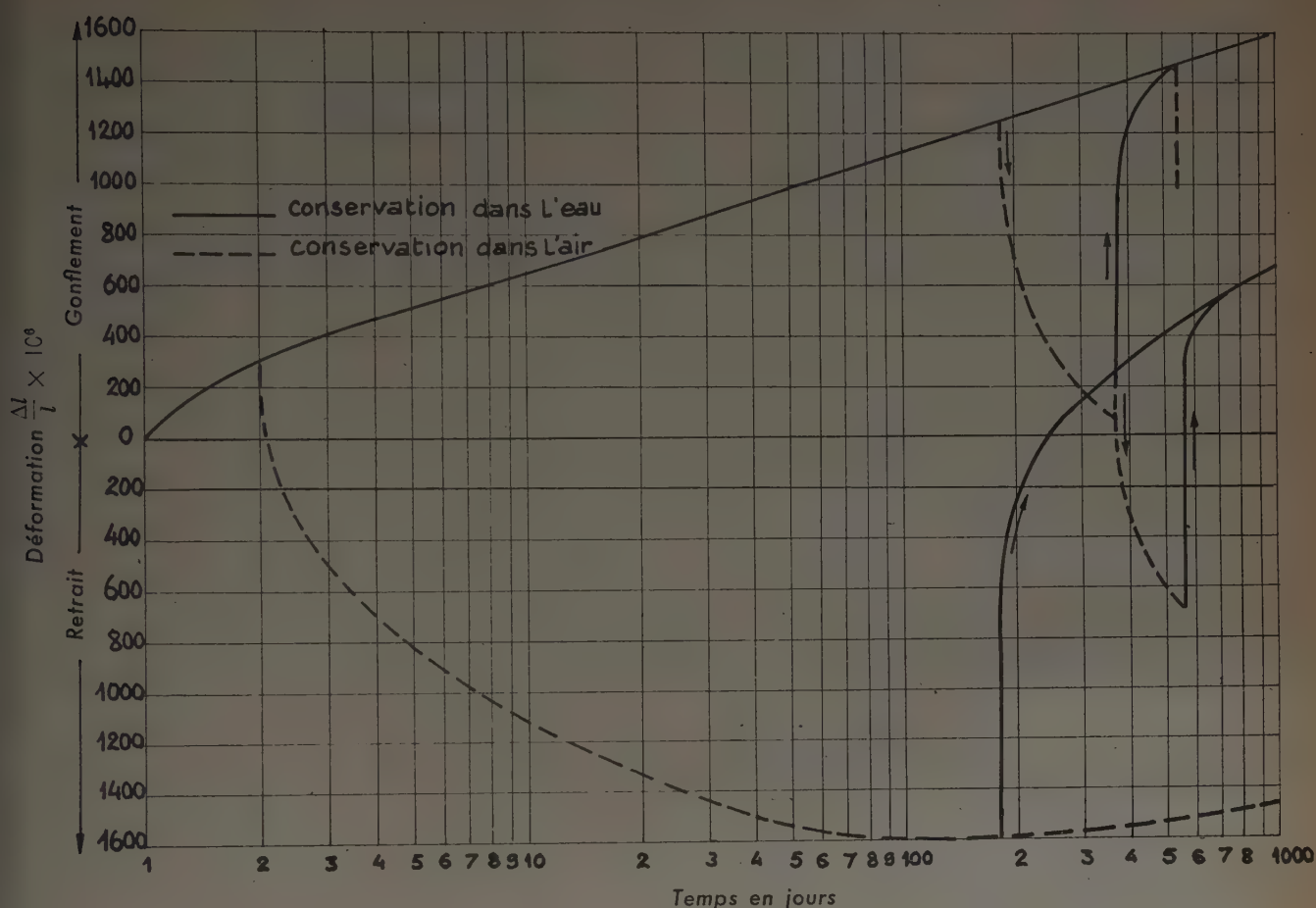


FIG. 25. — Déformations d'éprouvettes de pâte pure conservées alternativement 180 j dans l'air à 50 % et 180 j dans l'eau.

sous les conditions thermiques précisées plus avant. La seule incertitude porte sur la valeur de e_e prise à l'origine égale à 0,1025 et qui, vraisemblablement, doit tendre vers une valeur limite de l'ordre de 0,08.

Une série d'expériences analogues a été faite en remplaçant le premier séjour à l'eau par un séjour à l'air, c'est-à-dire en imposant des cycles réciproques des précédents. La figure 22 montre que le mouvement de l'eau tend à devenir identique. Les déformations correspondantes sont encore données par la formule :

$$\Delta = \frac{\Delta_0}{3} + 0,03(2e_e - e_v) \log \frac{2e_e - e_v}{2e_e} \quad (\text{fig. 23})$$

en prenant comme valeur de Δ_0 le premier retrait total à 60 j, c'est-à-dire le retrait maximum.

Dans une autre suite d'essais, on a utilisé une demi-période de beaucoup plus prolongée qui a été portée à 180 j (fig. 24 et 25). On observe alors une réversibilité

quasi-complète des déformations avec un coefficient λ voisin de 0,30. Il est possible, qu'entre 8 et au delà de 180 j, le ciment soit devenu parfaitement élastique pour les sollicitations qui lui sont appliquées. Le coefficient λ_p diminue probablement lorsque l'âge de la mise à l'air augmente et cette diminution doit devenir réversible au delà de 100 j. Aussi, l'on remarque que la courbe F de la figure 16 pourrait être sensiblement relevée et passer par les points expérimentaux avec $\lambda = 0,30 + 0,05(1 - e^{-0,037t})$ ce qui pourrait conduire à rectifier la valeur du coefficient de déformation dans le sens :

$$\lambda = 0,30 + 0,15(1 - e^{-0,037t}) f(a)$$

où $f(a)$ est une fonction décroissante de l'âge qui reste à déterminer. C'est ce que nous pourrions voir dans des expériences ultérieures. De toutes façons, lorsque le ciment a été conservé longtemps dans l'eau avant la mise à l'air, il tend vers un état élastique pour lequel les retraits et les gonflements deviennent réversibles (fig. 26).

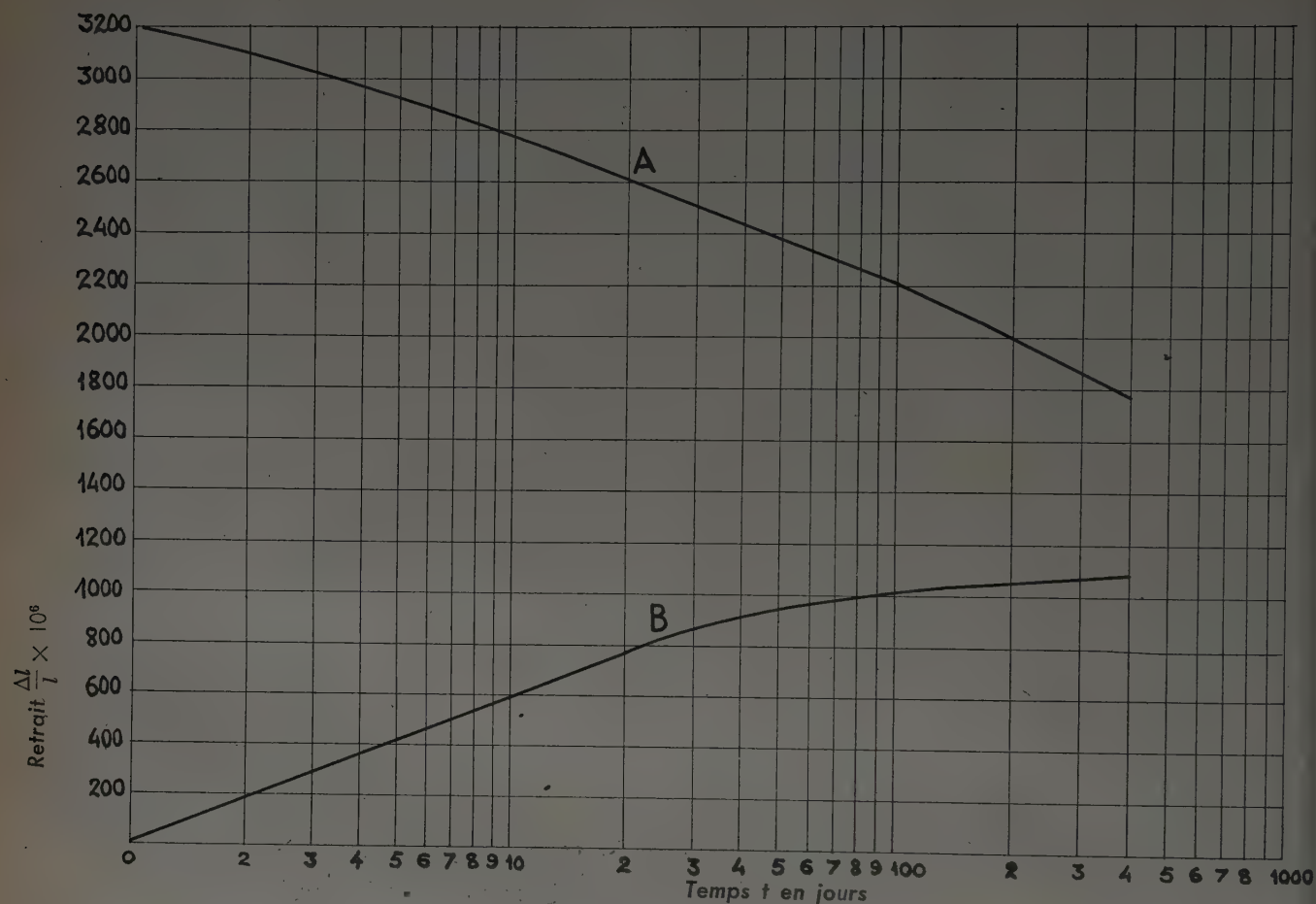


FIG. 26. — Retrait à 1 000 j de la pâte pure ($E/C = 0,25$).

A. Conservation un temps t à l'eau puis 1 000 j à l'air.
 B. Conservation un temps t à l'air puis 1 000 j à l'eau.

II. — ESSAIS SUR MÉLANGES CIMENT-POUDRE INERTE (BASALTE)

Afin de reconnaître le rôle du ciment et celui des parties inertes dans le mécanisme du retrait, nous avons essayé, dans les mêmes conditions que la pâte pure, deux mélanges du même ciment avec une quantité de poudre de basalte inerte dont la granulométrie est donnée par la figure 27.

Le premier mélange comprenait un poids égal de basalte et de ciment ($C = 0,5$, $B = 0,5$), $C/B = 1$ et une quantité d'eau de gâchage telle que $E/(C + B) = 0,25$, soit $E/C = 0,50$ à $0,52$.

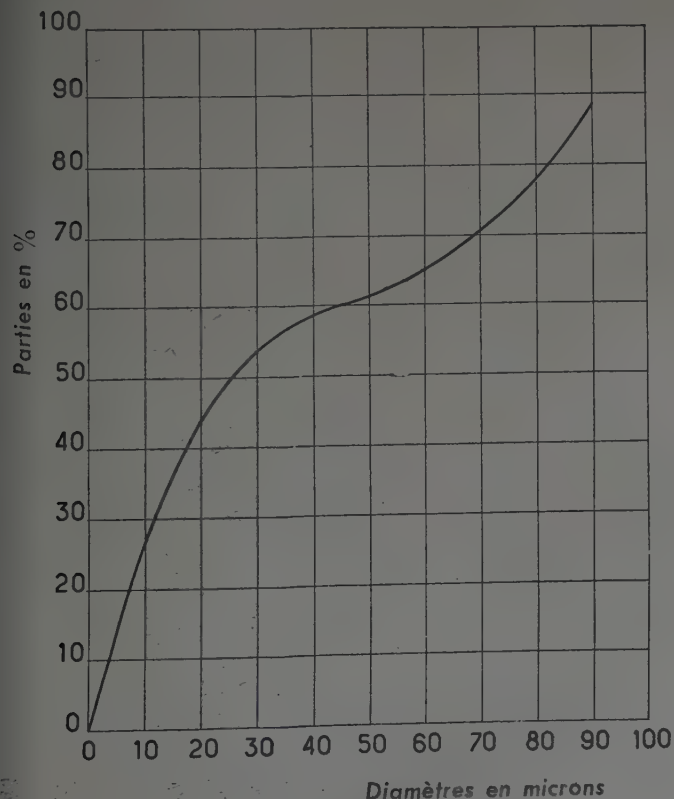


FIG. 27. — Courbe granulométrique cumulative de la poudre de basalte employée.

Le second mélange comprenait 80 % de basalte et 20 % de ciment ($C/B = 1/4$) et une quantité d'eau de gâchage telle que : $E/(C + B) = 0,25$, soit $E/C = 0,315$.

ESSAIS D'ABSORPTION D'EAU

Pour les éprouvettes conservées dans l'eau, on trouve pour $C/B = 1$ une densité de la pâte de 2,42. Le poids maximum d'eau absorbée doit être alors de : $0,093/2 \times 2,42 = 0,019$. Le coefficient de perméabilité à l'absorption est sensiblement le même que celui de la pâte pure, de sorte que :

$$e_a = \frac{1,9}{100} (1 - e^{-0,35t^{1/2}}).$$

Pour le mélange $C/B = 4$, on trouve une densité de la pâte de 2,55. Le poids maximum d'eau absorbée doit alors être de : $(0,093 \times 0,8)/2,55 = 0,029$ et :

$$e_a = \frac{2,9}{100} (1 - e^{-0,35t^{1/2}}).$$

D'une manière générale, on voit que le volume d'eau maximum absorbée est proportionnel au volume du ciment.

ESSAIS D'ÉVAPORATION ET DE RETRAIT

Pour connaître la quantité d'eau évaporable, nous devons, en premier lieu, connaître la quantité d'eau totale. Elle est, pour $C/B = 1$, de $0,20 + 0,019 \neq 0,22$ et, pour $C/B = 4$, de $0,20 + 0,029 \neq 0,23$.

La quantité d'eau non évaporable après une mise à l'air à 2 j était, pour une pâte pure : $e_c = 0,025$. En faisant la proportion de ciment, on trouve finalement, pour

$C/B = 1$, $e_L = 0,103$ et, pour $C/B = 4$, $e_L = 0,105$. (Rappelons que, pour la pâte pure, nous avons trouvé $e_L = 0,1025$.) Mais les quantités d'eau évaporées sont nettement supérieures aux chiffres ci-dessus puisqu'elles atteignent 0,135 pour $C/B = 1$ et 0,125 pour $C/B = 4$. Ceci semble mettre en évidence une absorption d'eau pendant les premières 24 h de conservation, qui doit être de l'ordre de 5 %.

La courbe d'évaporation après mise à l'air à un âge a est donnée, comme pour la pâte pure, par l'expression :

$$e_v = e_L(a) [1 - e^{-K_a a^{1/3}}]$$

où K_a est un coefficient qui dépend de l'âge de mise à l'air, soit :

$$K_a = K_0 a^{-1/3}$$

Pour le rapport $C/B = 1$, on trouve $K_a = 1 \cdot a^{-1/3}$. Les résultats sont donnés par la figure 28. Le coefficient trouvé par la pâte pure était de 0,35; le mélange de basalte possède donc une plus grande perméabilité à la vapeur d'eau.

Pour le rapport $C/B = 4$, on trouve $K_a = 0,45 a^{-1/3}$ pour toutes les courbes sauf pour la mise à l'air à un jour (fig. 29). Cette divergence ne peut être expliquée que par une erreur expérimentale de composition car la courbe ciment a un coefficient $K_a = 0,8$ au lieu de 0,45. On remarque également que les quantités d'eau fixées entre les âges successifs, telles qu'elles découlent des différences $\frac{\Delta e_L}{C}$ entre les valeurs limites e_L , sont plus élevées que pour la pâte pure. Ceci tient vraisemblablement au rapport E/C nettement plus élevé que dans le cas précédent.

Le gonflement des mélanges est proportionnel à celui de la pâte pure compte tenu de la proportion de ciment qui rentre dans le mélange.

Le module de déformation pour le mélange $C/B = 1$ est :

$$\lambda = 0,0105 + 0,0105 (1 - e^{-0,037a})$$

et le retrait :

$$\Delta = \lambda (2e_L - e_v) \log \frac{2e_L - e_v}{2e_L}$$

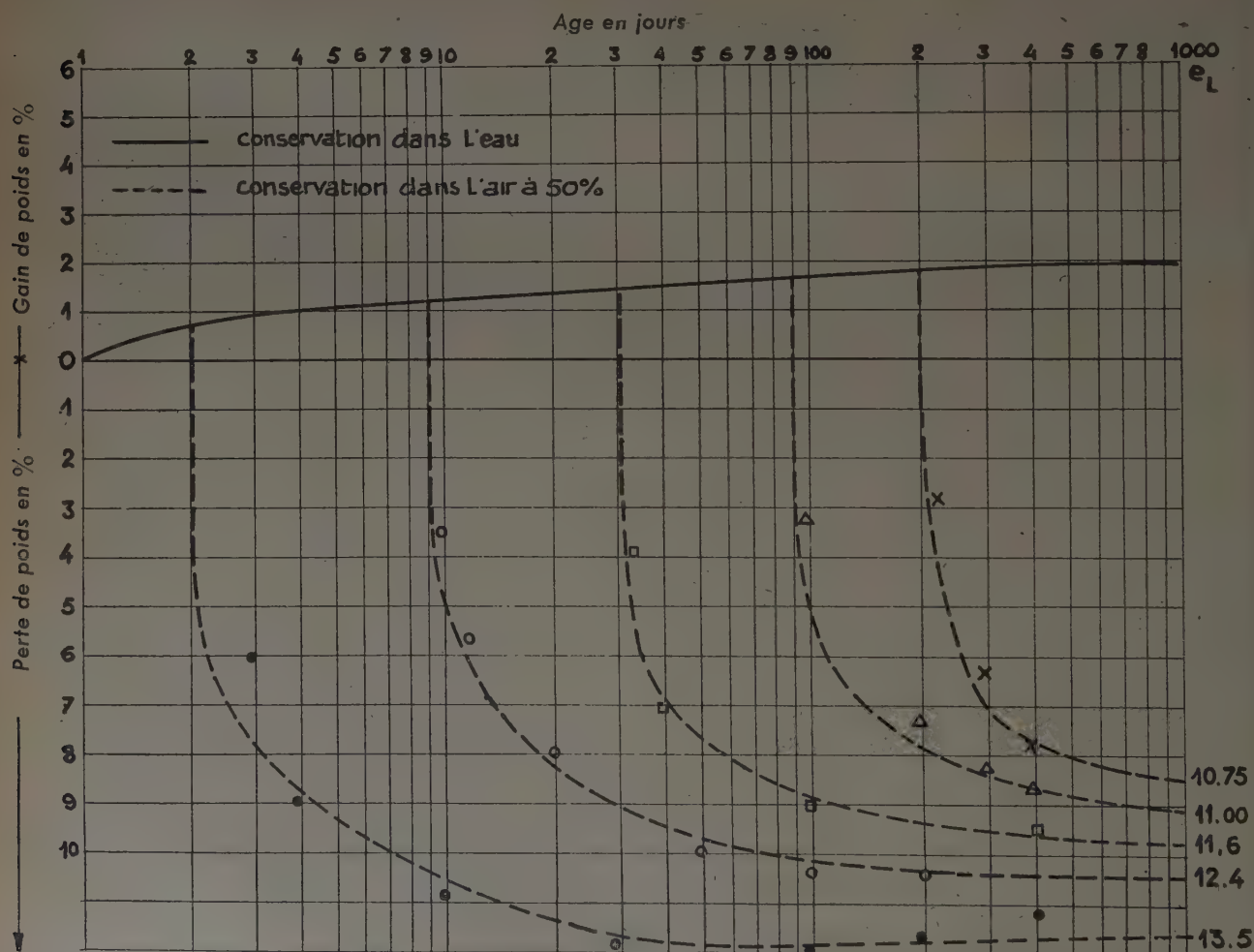


FIG. 28. — Variations relatives de poids d'éprouvettes de mélange poudre de basalte et ciment en parties égales, conservées à l'eau et à l'air.

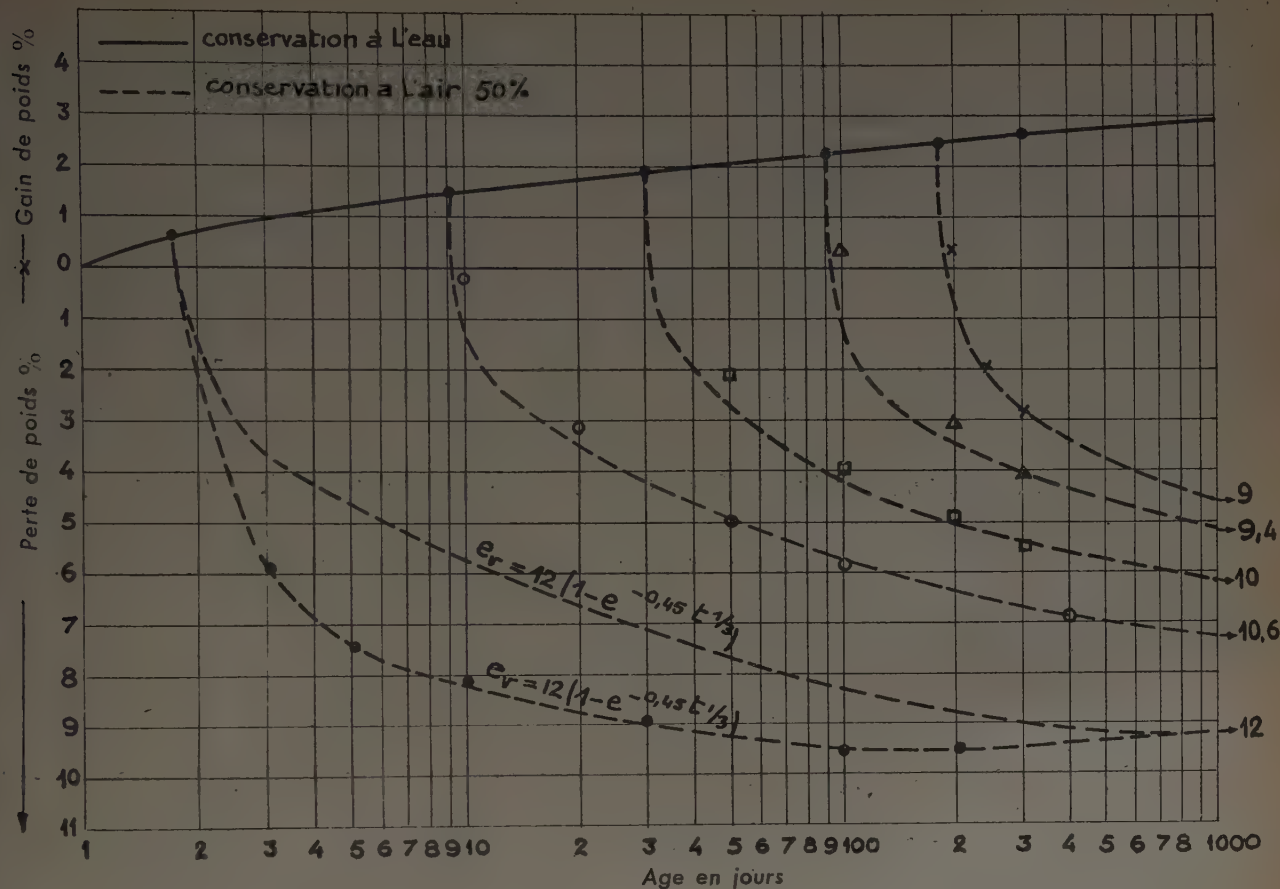


FIG. 29. — Variations relatives de poids d'éprouvettes composées d'un mélange de quatre parties de ciment pour une de basalte, conservées à l'eau et à l'air.

Pour la courbe inférieure lire : $e_r = 12 (1 - e^{-0,45 t^{1/3}})$.

Le fait que le coefficient de déformation soit devenu plus faible que dans la pâte pure est dû à la présence du basalte mis en compression par la pâte de ciment et qui s'oppose à la déformation. Les déformations résiduelles sont relativement plus élevées par rapport à la déformation totale puisqu'elles en représentent la moitié. Cependant, le retrait total obtenu en introduisant 50 % de poudre inerte est inférieur au retrait de la pâte pure et ceci est contraire à la tradition en cours qui veut que l'introduction d'une poudre minérale accroisse le retrait (fig. 30).

Pour le mélange C/B = 4 (fig. 31), le module de déformation est :

$$\lambda = 0,0185 + 0,0115 [1 - e^{-0,037 t}].$$

Ce coefficient est intermédiaire entre celui de la pâte pure et celui du mélange C/B = 1.

Les retraités irréversibles à chaque âge de mise à l'eau sont donnés par le rapport :

$$\Delta_P = \Delta_a \frac{\lambda_P}{\lambda}$$

où λ représente le module total de déformation et λ_P le module de la partie irréversible.

Le coefficient de compressibilité d'un mélange contenant un volume v_c de ciment et un volume v_b de basalte doit être donné par :

$$\frac{v_b + v_c}{\lambda_m} = \frac{v_b}{\lambda_b} + \frac{v_c}{\lambda_c} \quad (\text{fig. 32})$$

Connaissant la valeur de λ_c pour l'essai en pâte pure, soit 0,045, on peut en déduire d'après $\lambda_m = 0,030$ trouvé pour le mélange C/B = 4 en poids, soit C/B = 3 en volume (après correction de densité), la valeur de λ_b . On trouve alors $\lambda_b = 0,015$. La même loi doit convenir à la phase élastique de la déformation avec $\lambda_{me} = 0,0185$ et $\lambda_{ce} = 0,030$ et l'on trouve $\lambda_{be} = 0,0085$. En appliquant ce calcul au mélange C/B = 1 en poids, soit $c = 0,43$ pour $b = 0,57$ en volume, on trouve :

$\lambda_m = 0,022$ au lieu de 0,021 tiré de l'expérience et $\lambda_{me} = 0,0125$ au lieu de 0,0105 tiré de l'expérience. On peut donc dire que les mélanges ciment et poudre inerte répondent à la loi des compressibilités.

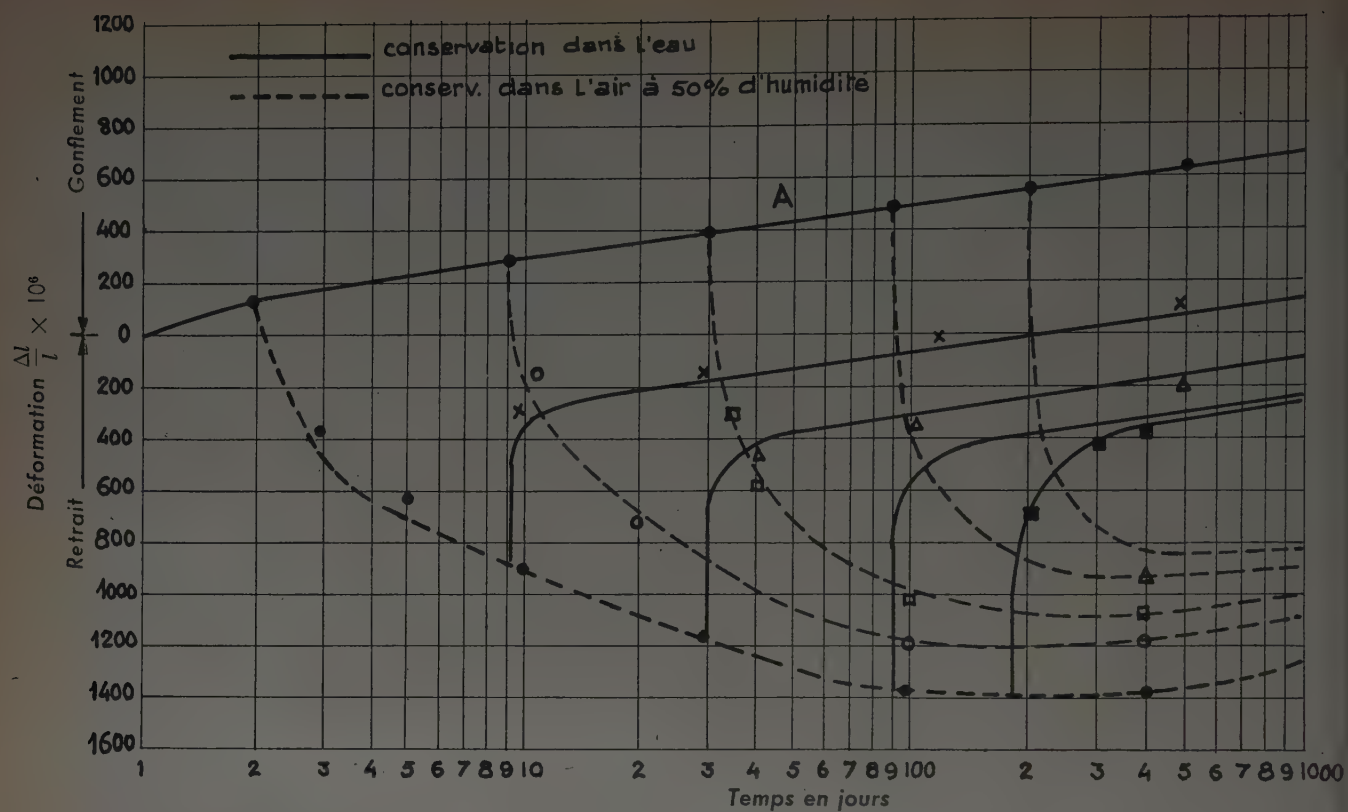


FIG. 30. — Gonflement et retrait d'éprouvettes de ciment et poudre de basalte en parties égales, conservées à l'eau et à l'air à 50 %.

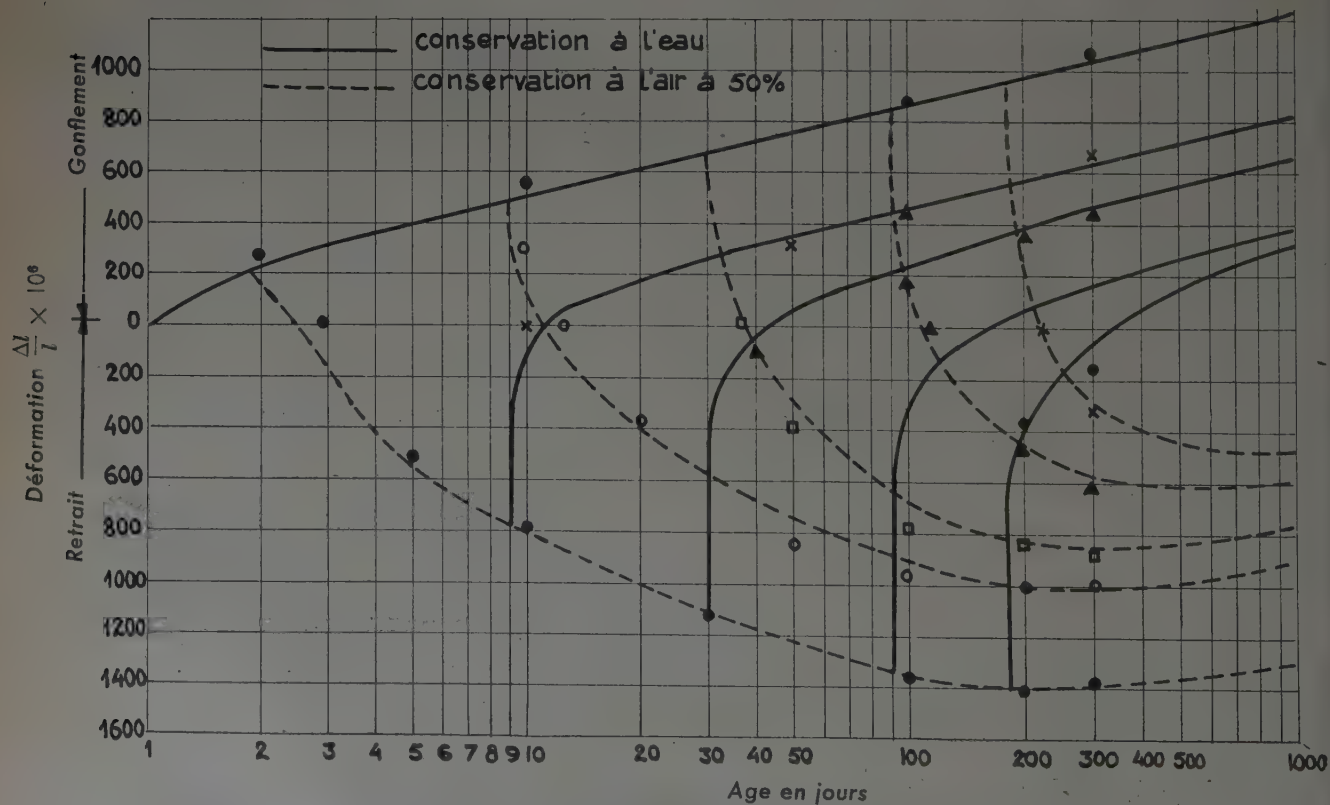


FIG. 31. — Gonflement et retrait d'éprouvettes de ciment et de poudre de basalte C/B = 4, conservées dans l'eau et dans l'air à 50 %.

Les courbes 33 et 34 donnent les retraits en fonction des évaporations de la même façon que nous avons employée sur la figure 17 pour les pâtes pures. On voit que, pour un âge avancé, le retrait est lié à la quantité d'eau absorbée par la relation :

$$\Delta \leq \frac{3.6}{100} \frac{v_c}{v_c + v_b} e_v$$

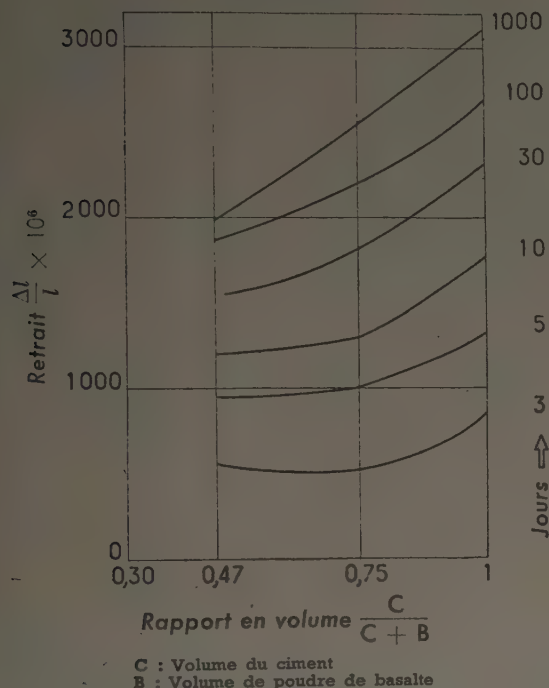


FIG. 32. — Variation du retrait après mise à l'air à 2 j en fonction de la quantité de poudre minérale ajoutée.

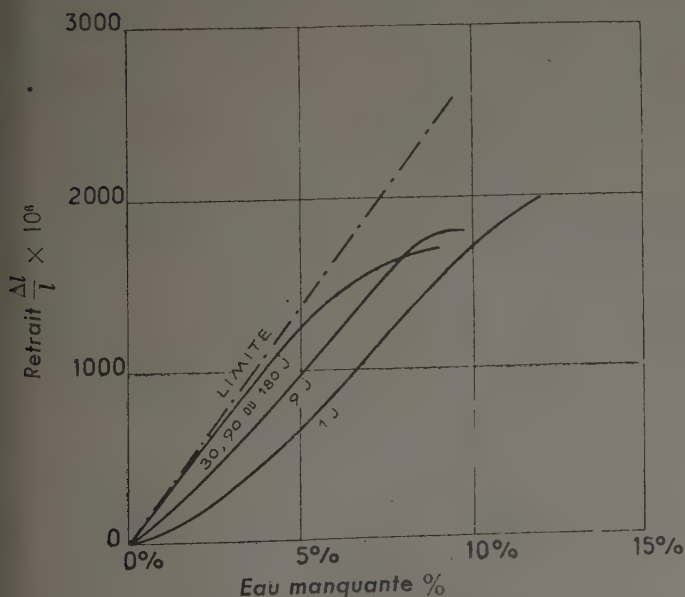


FIG. 33. — Relations entre le retrait et le poids d'eau évaporée dans différents milieux de conservation pour un mélange de ciment et de poudre de basalte C/B = 4.
(Les nombres de jours indiquent l'âge de mise à l'air à 50 %.)

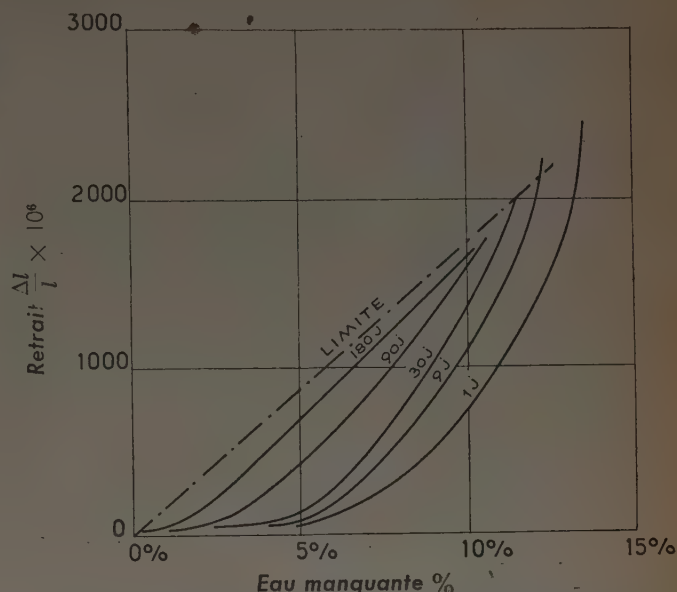


FIG. 34. — Relations entre le retrait et le poids d'eau évaporée dans différents milieux de conservation pour un mélange de ciment et de poudre de basalte en parties égales.

RETRAITS ALTERNÉS

De la même manière que pour la pâte pure, nous avons étudié le mouvement des mélanges soumis à des alternances d'humidité et de dessiccation. On constate que les mouvements sont donnés par la relation :

$$\Delta = \Delta_0 \lambda_p + \lambda_e (2e_e - e_v) \log \frac{2e_e}{2e_e - e_v}$$

tandis que :

$$e_v = e_e (1 - e^{-K_a t^{1/3}})$$

avec :

$$K_a = 0,45 a^{-1/6} \text{ pour } C/B = 4$$

et :

$$K_a = 1 \cdot a^{-1/6} \text{ pour } C/B = 1.$$

On verra à ce sujet les figures 35 et 36 pour la pâte à C/B = 1. La figure 36 accuse une amplitude de mouvement inférieure aux valeurs théoriques qui correspondent, au contraire, aux résultats de la figure 35. Il est possible que les immersions et évaporations répétées puissent amener une dissolution puis une cristallisation en surface de certains sels, provoquant ainsi une diminution de la perméabilité. Les figures 37 et 38 correspondent au mélange C/B = 4; elles montrent une parfaite concordance avec le calcul.

Les figures 39 et 40 donnent les retraits alternés correspondants dans deux types de mélanges, qui s'accordent sensiblement avec les résultats donnés par la formule :

$$\Delta = \Delta_0 \frac{\lambda_e}{\lambda} + \lambda_e (2e_e - e_v) \log \frac{2e_e - e_v}{2e_e}$$

où :

$$\lambda_e = 0,0105 \text{ pour } C/B = 1$$

$$\lambda_e = 0,0185 \text{ pour } C/B = 4.$$

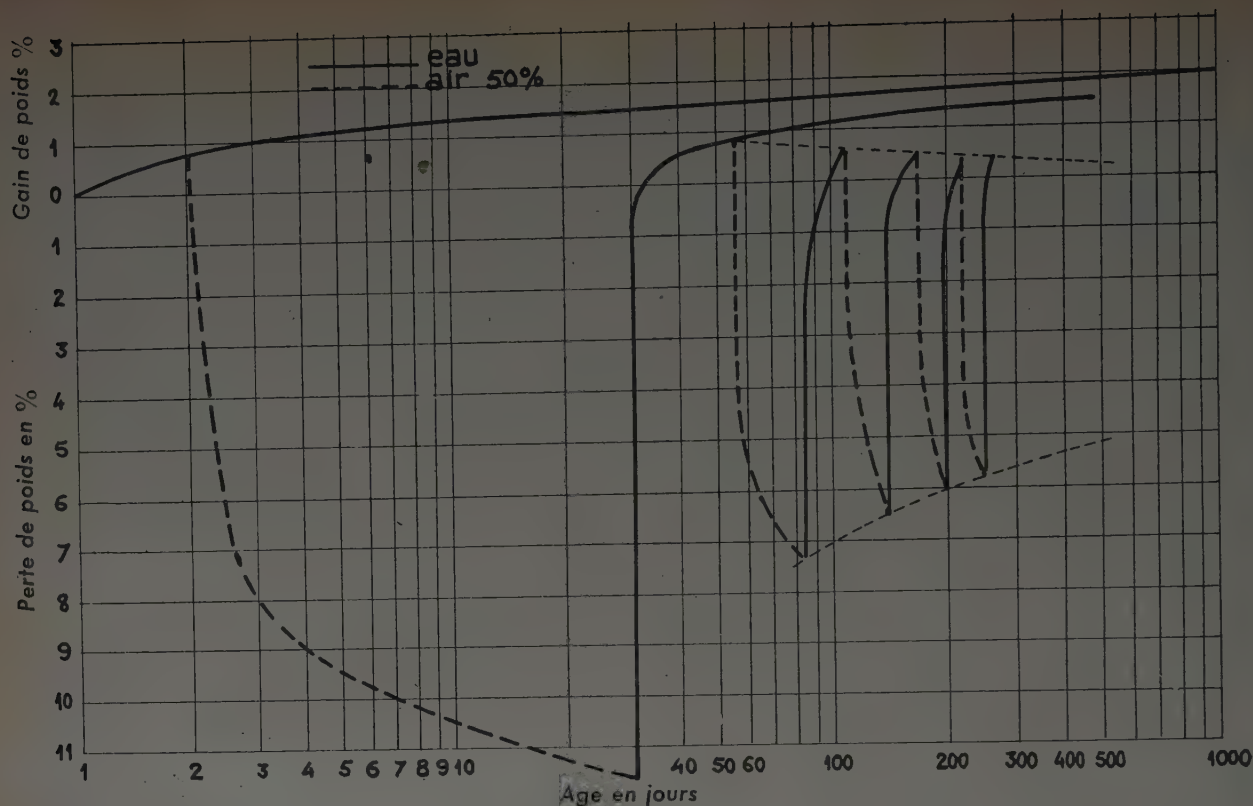


FIG. 35. — Variations de poids d'éprouvettes de mélange ciment-basalte en parties égales, conservées alternativement 28 dans l'air et 28 j dans l'eau.

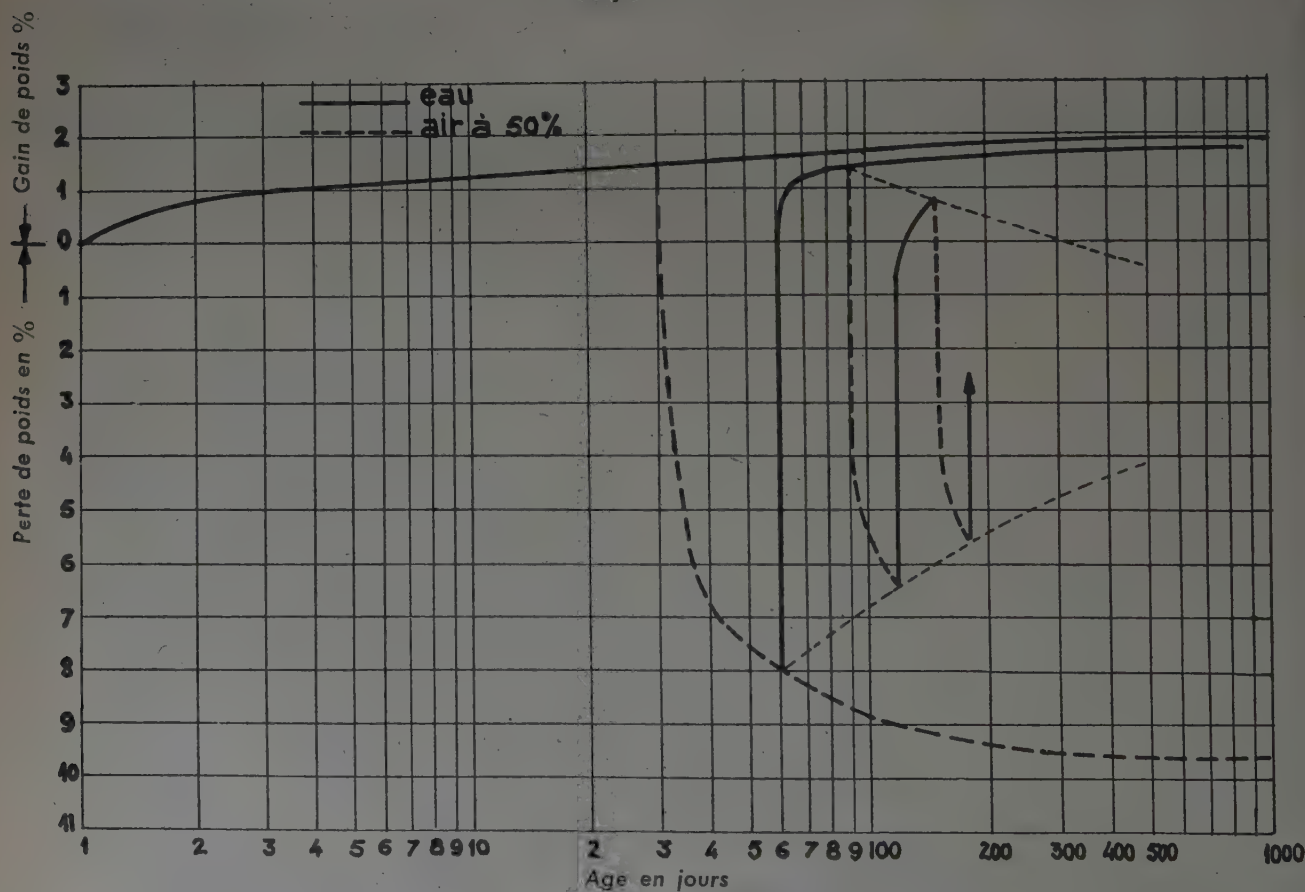


FIG. 36. — Variations de poids d'éprouvettes de mélange ciment-basalte en parties égales, conservées alternativement 28 j à l'eau et 28 j à l'air.

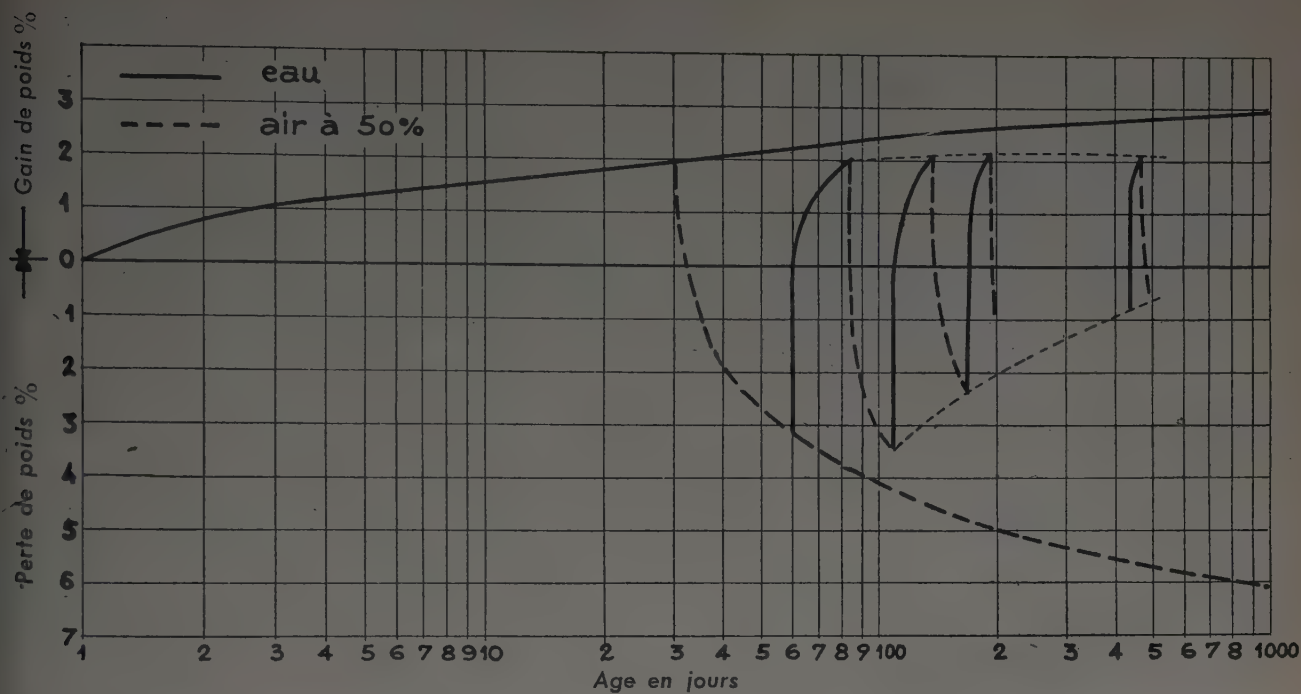


FIG. 37. — Variations de poids d'éprouvettes de mélange ciment-basalte C/B = 4, conservées alternativement 28 j à l'eau et 28 j à l'air.

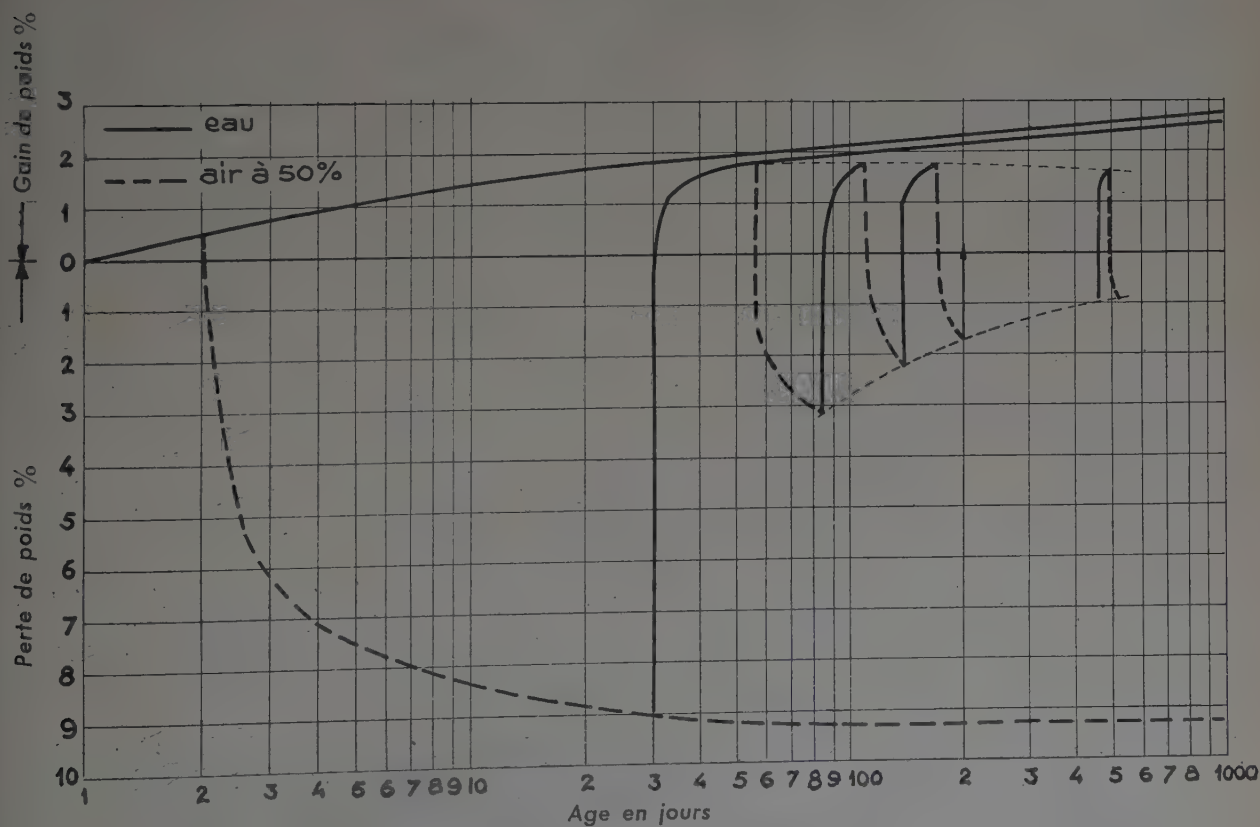


FIG. 38. — Variations de poids d'éprouvettes de mélange ciment-basalte C/B = 4, conservées alternativement 28 j à l'air et 28 j à l'eau.

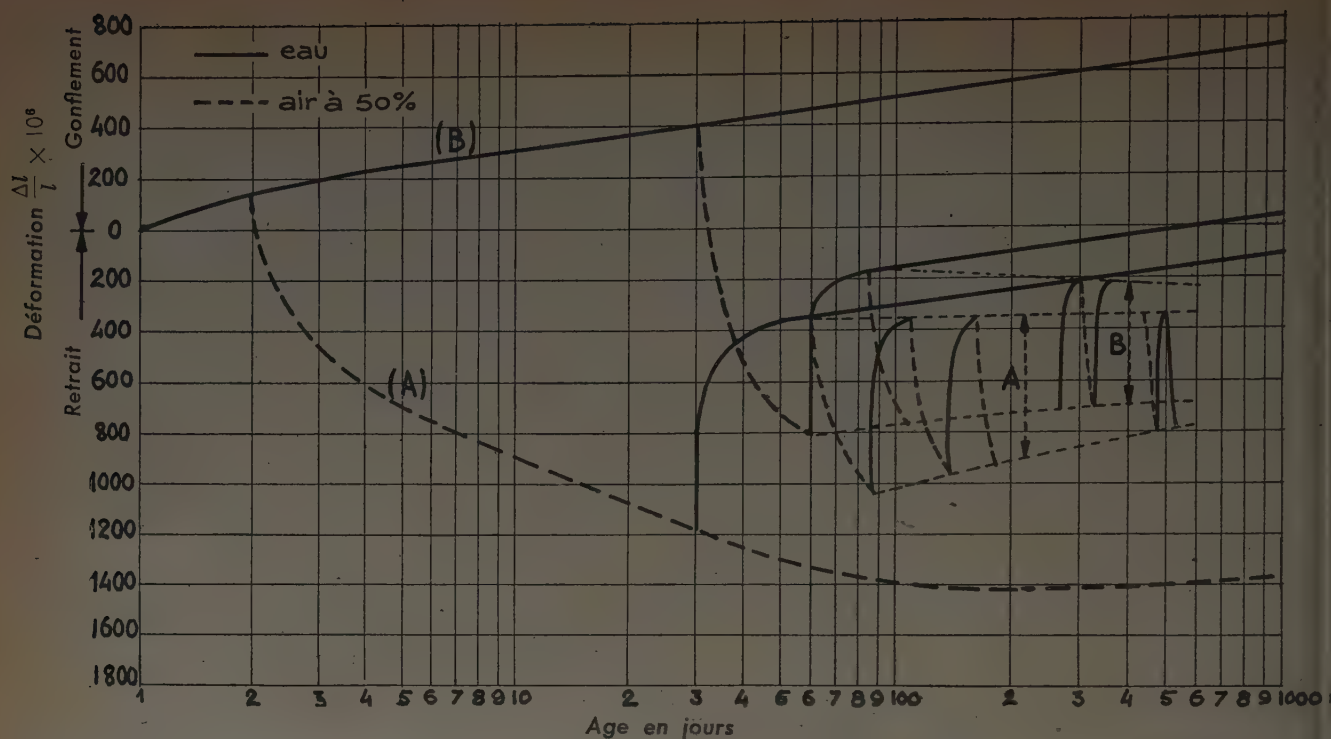


FIG. 39. — Déformations d'éprouvettes de mélange ciment-basalte en parties égales, conservées alternativement 28 j à l'air et 28 j à l'eau.
 A : Amplitude du mouvement avec première conservation à l'air (fig. 35).
 B : Amplitude du mouvement avec première conservation à l'eau (fig. 36).

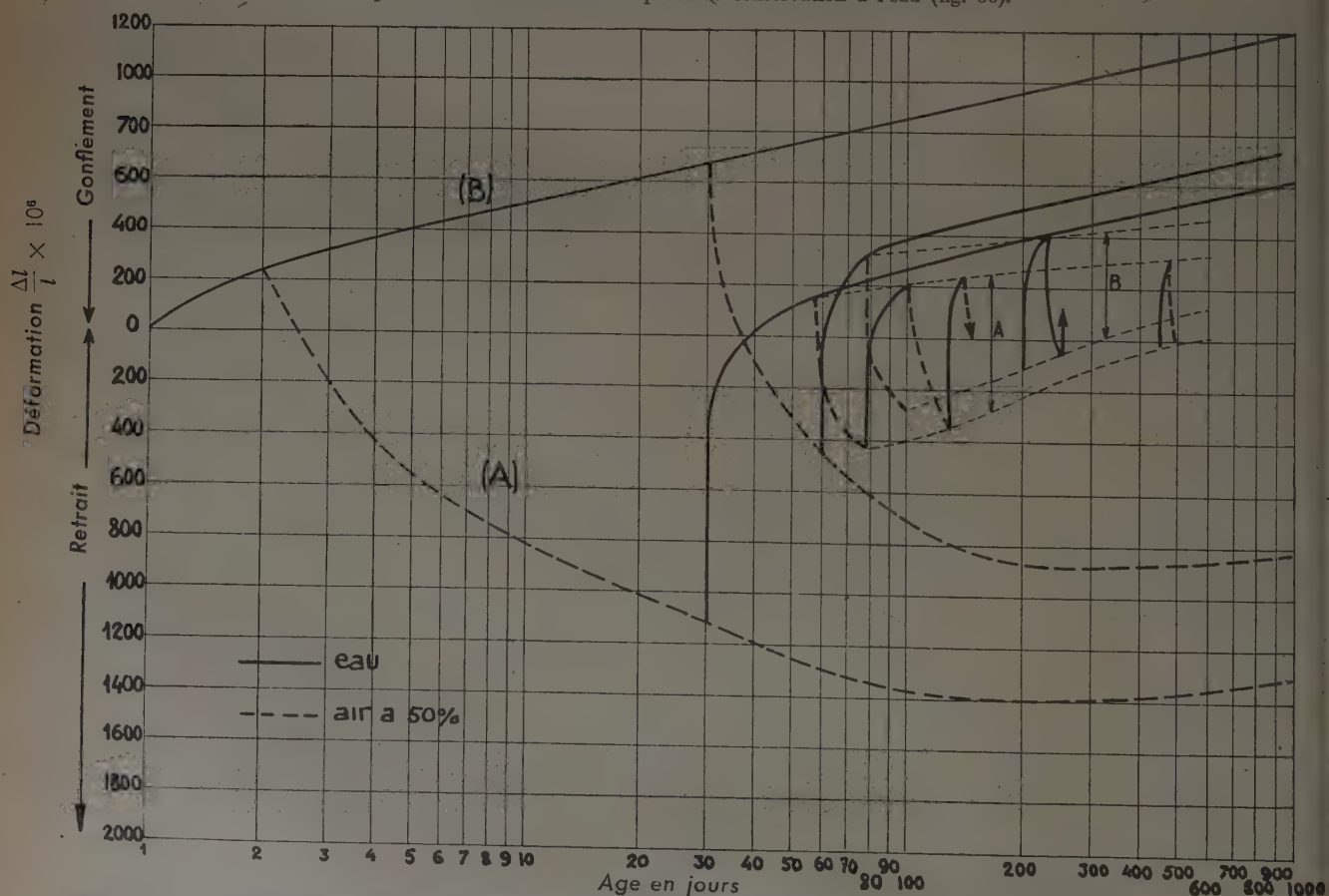


FIG. 40. — Déformations d'éprouvettes de mélange ciment-basalte C/B = 4, conservées alternativement 28 j à l'air et 28 j à l'eau.
 A : Amplitude du mouvement avec première conservation à l'air. — B : Amplitude du mouvement avec première conservation à l'eau.

III. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

De l'ensemble des essais qui viennent d'être relatés (essais réalisés avec un soin extrême sur plusieurs centaines d'éprouvettes à l'aide de plusieurs dizaines de milliers de mesures) on peut déduire un certain nombre de données précises quant à la thermodynamique et la mécanique du retrait.

ÉVAPORATION

L'évaporation de l'eau libre dans le ciment suit la loi de FOURIER qui peut être représentée d'une manière simplifiée par la relation :

$$\varepsilon = \varepsilon_e (1 - \theta) \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{D} t^{1/2}} \right)$$

où ε_e est la quantité d'eau évaporable, θ le degré hygrométrique de l'air, D le côté de l'éprouvette, t le temps de mise à l'air. γ est un coefficient d'évaporation qui varie avec l'âge a de la mise à l'air de l'éprouvette :

$$\gamma = \gamma_0 a^{-1/2}.$$

Pour la pâte pure de ciment, et pour une éprouvette de 3,16 cm de côté, on trouve :

$$\gamma_0 = 0,35 \times 3,16 = 1,1 \text{ cm.}$$

Pour le mélange de ciment à 1/4 de poudre de basalte en volume, on trouve :

$$\gamma_0 = 0,45 \times 3,16 = 1,4 \text{ cm.}$$

Pour le mélange ciment-basalte en parties égales, on trouve :

$$\gamma_0 = 1,0 \times 3,16 = 3,16 \text{ cm.}$$

L'évaporation dans une atmosphère à 50 % d'humidité est suffisamment intense pour s'opposer en partie à l'hydratation du ciment. On constate que la mise à l'air à 2 j s'oppose à la combinaison de 5 % d'eau en poids entre 2 j et 200 j.

RETRAIT

Le retrait continu répond à la loi :

$$\Delta = \mu (\varepsilon_l - \varepsilon) \log \frac{\varepsilon_l - \varepsilon}{\varepsilon_l}$$

où

$$\mu = \lambda d, \quad d : \text{densité de la pâte.}$$

λ est un coefficient de déformation comprenant deux parties :

$$\lambda = \lambda_e + \lambda_p$$

λ_e est le coefficient de déformation réversible à la mise à l'eau et λ_p le coefficient de déformation permanente. La déformation permanente sous retrait continu n'est pas instantanée mais agit sous forme de fluage. Le coefficient λ_p est en effet de la forme :

$$\lambda_p = \lambda_q (1 - e^{-\alpha t})$$

où α est de l'ordre de 0,037 pour le ciment étudié.

Pour la pâte pure, on trouve :

$$\lambda_e = 0,03 \quad \lambda_q = 0,015.$$

Pour le mélange 1/4 :

$$\lambda_e = 0,0185 \quad \lambda_q = 0,0115.$$

Pour le mélange 1/1 :

$$\lambda_e = 0,0105 \quad \lambda_q = 0,0105.$$

Les coefficients λ répondent à la loi de compressibilité des mélanges :

$$\frac{v_a + v_b}{\lambda} = \frac{v_a}{\lambda_a} + \frac{v_b}{\lambda_b}.$$

Dans le cas d'un mélange de ciment et de poudre de basalte, on trouve que le retrait diminue quand la proportion de ciment décroît, bien que la perte d'eau correspondante augmente. Ceci tient à ce que la compressibilité du basalte est bien plus faible que celle du ciment et il n'en

serait probablement pas de même avec une poudre constituée par un matériau à coefficient de compressibilité élevé, tel que le calcaire par exemple.

Les dessiccations et immersions alternées suivent les lois précédentes quant à l'évaporation et au retrait. Cependant, il semble qu'après une conservation prolongée dans l'eau, le retrait qui peut être provoqué devienne entièrement

réversible (au delà de 180 j) et que la partie plastique de la déformation tende à disparaître. Le retrait, après conservation dans l'eau jusqu'à un âge avancé est d'ailleurs sensiblement proportionnel à la quantité d'eau évaporée. On trouve pour la pâte pure :

$$\Delta = 0,095\epsilon.$$

En terminant, nous tenons à remercier le Centre d'Études des Liants Hydrauliques qui, grâce aux crédits accordés au laboratoire, a permis de faire cette étude que nous allons d'ailleurs poursuivre en recherchant les relations existant entre le retrait du ciment et celui du béton.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS-VII^e

Décembre 1949

N° 107

Nouvelle série.

MATÉRIAUX, N° 3

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

EXPOSÉ DU 24 MAI 1949

SOUS LA PRÉSIDENTENCE DE **M. P. MARTIN**,

Président de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Charpente.

RECHERCHES DIVERSES ET ESSAIS INTÉRESSANT L'UTILISATION DU BOIS DANS LA MENUISERIE ET LA CHARPENTE

Par **M. J. CAMPREDON**, Directeur de l'Institut National du Bois.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.
ALLOCUTION DU PRÉSIDENT	3	III. — ÉTUDE DE PEINTURES, VERNIS ET REVÊTEMENTS DIVERS	16
INTRODUCTION	3	IV. — ESSAIS SUR PORTES PLANES	18
I. — UTILISATION DE LA COLLE DANS LA CHARPENTE	4	V. — ESSAIS SUR BÉTONS DE SCIURE	21
II. — ESSAIS COMPARATIFS SUR ASSEMBLAGES D'ÉLÉMENTS DE FENÊTRES	9	CONCLUSION	22
		DISCUSSION	23

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS



Ferme à la Paloncean en superstructure. Assemblages Teco.

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT

C'est un grand plaisir pour moi de présider cette réunion. Je dois tout d'abord adresser mes remerciements à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics pour la place qu'il a bien voulu réserver au bois dans ce cycle de conférences. Les recherches entreprises depuis quelques années par les Laboratoires de l'Institut National du Bois sur l'utilisation du bois dans la construction et dans l'industrie, sous l'égide des Chambres Syndicales des Entrepreneurs de Charpente et de Menuiserie et de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics ont ouvert des voies nouvelles et contribué à apporter des perfectionnements dans la technique de la charpente en bois, permettant ainsi de réaliser des constructions plus légères que l'on peut calculer, mieux adaptées aux ressources et à l'économie nationales et s'écartant d'un traditionalisme peu évolué. C'est pourquoi, il est nécessaire de faire périodiquement le point pour enregistrer et diffuser parmi

les professionnels et les techniciens les résultats obtenus et susciter de nouvelles recherches sur les points particuliers qui peuvent ouvrir la voie à de nouveaux progrès. Je crois très souhaitable de voir se poursuivre une liaison toujours plus étroite et plus suivie entre les Laboratoires et les constructeurs pour que le bois puisse conserver et même améliorer la place qu'il occupe dans la gamme des matériaux utilisés dans le bâtiment.

Je ne présenterai pas M. CAMPREDON, Directeur de l'Institut National du Bois aux auditeurs de l'Institut Technique qui ont eu si souvent l'occasion d'écouter et d'apprécier ses exposés si clairs et si complets. M. CAMPREDON a aussi apporté la plus large contribution à la rédaction des premiers fascicules du Manuel de la Charpente en Bois qui nous intéresse tous au premier chef. Mais je ne veux pas retarder plus longtemps votre plaisir d'entendre sa conférence et je lui passe la parole.

RÉSUMÉ

L'exposé de M. CAMPREDON concerne des travaux de recherches exécutés dans les laboratoires de l'Institut National du Bois à Paris au cours de l'année 1948-1949.

Les réalisations pratiques de charpentes collées exécutées dans différents pays, en particulier en Suisse, ont déjà été étudiées. Une nouvelle étude a eu pour objet l'extension de ces méthodes de collage (appliquées jusqu'ici uniquement à des pièces de bois à fil parallèle) à des pièces de bois à fil oblique ou perpendiculaire, tels qu'ils se présentent dans les charpentes triangulées, et l'examen du comportement de ces assemblages vis-à-vis des variations du taux d'humidité du bois. On a constaté des décollements et des ruptures de joints qui sont attribués aux variations de dimensions des bois et aux contraintes internes dans les plans de collage. Il paraît donc actuellement difficile de réaliser par collage l'assemblage correct de pièces de bois à fil non parallèle.

Des essais comparatifs sur assemblages d'éléments de fenêtres ont eu pour but de comparer la valeur des assemblages traditionnels français à tenon et mortaise avec cheville de bois et équerre métallique, et des assemblages à chevilles métalliques ou des assemblages collés. Les résultats paraissent en faveur des assemblages collés, qui sont à la fois plus élastiques et plus résistants.

Les recherches ont également porté sur la protection superficielle du bois en vue de le soustraire aux effets des variations d'humidité de l'air ambiant. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les vernis bakélite, les peintures à base de bitume, la paraffine, la pâte d'aluminium.

Des modèles divers de portes planes, constituées par une ossature légère et une âme intérieure en bois scié ou déroulé, recouvertes d'une enveloppe extérieure en panneaux contreplaqués, ont été essayés au point de vue de leur comportement à l'eau et de leur résistance mécanique. Les résultats ont été en général favorables.

Des bétons légers à base de sciure de bois, ciment et ingrédients divers ont été préparés suivant diverses formules et soumis à des essais comparatifs de clouage, de tenus à l'humidité, etc... Les premiers résultats obtenus ne sont pas très satisfaisants.

SUMMARY

M. Campredon's report deals with the research work carried out in the laboratories of the National Timber Institute in Paris during the year 1948-1949.

Glued wood framework erected in various countries and particularly in Switzerland, has already been studied. New investigations are being made into the possibility of extending methods of gluing — hitherto confined to elements with grain running parallel — to elements with grain running at an angle or perpendicular to the glued surface, as for instance in triangular framework, and the behaviour of joints with regard to variation in the moisture of the wood is being tested. Cases where joints have become unstuck or broken have been recorded, which are attributed to dimensional variations in the units, and internal stresses at the glued surfaces. It is evident that difficulties still exist where adhesives are used for jointing wood where the grain is not parallel.

Comparative tests were made on window elements to compare the relative value of traditional mortise and tenon methods of jointing using wooden dowels and angle-iron, with joints using steel dowels or glued joints. The results are more favourable for glued joints, which are both stronger and more elastic.

Research was also undertaken on the surface protection of wood to combat the effects of variations of humidity in the atmosphere. The best results were obtained with bakelite varnish, paints with a bituminous base, paraffin and aluminium paste.

Various models of flush doors, consisting of a lightweight frame with a core of sliced or rotary cut veneer and faced with plywood panels, have been tested for their behaviour in water and for strength. Results have usually been good.

Lightweight concrete made from sawdust, cement and various other ingredients were prepared according to various formulae and subjected to comparative tests, nailing, effect of humidity, etc. The first results obtained are not very satisfactory.

EXPOSÉ DE M. J. CAMPREDON

INTRODUCTION

Parmi les travaux de Laboratoire de l'*Institut National du Bois*, certains intéressent tout particulièrement les professions de la Menuiserie et de la Charpente. L'objet de notre exposé est précisément de donner le compte rendu de ceux qui ont été effectués au cours de l'année 1948-1949.

Les uns sont relatifs à l'importante question de l'utilisation de la colle, soit dans la charpente, soit dans les assemblages de croisées. Nous en donnons les résultats détaillés.

Les autres concernent des sujets divers, étude de peintures, vernis, revêtements hydrofuges, essais sur portes planes, essais relatifs aux bétons de sciure. Ils donnent des aspects divers de notre activité.

Tous ces travaux ont été effectués par nos spécialistes, MM. VILLIÈRE et DE LEEUW, pour ce qui concerne l'étude et la préparation des colles et du collage, des bétons, des agglomérés, l'étude des peintures et des revêtements; MM. KELLER, DESLOIR, POUZEAU, pour ce qui concerne les essais mécaniques et leur réalisation, les questions de résistance, d'assemblages, etc.

I. — UTILISATION DE LA COLLE DANS LA CHARPENTE

Nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler de l'utilisation de la colle dans la charpente en bois.

Nous avons d'abord donné un compte rendu des essais et des travaux qui ont été exécutés en Suisse ⁽¹⁾ sur la charpente collée. Il s'agissait là de pièces, poutres et arcs lamellés, c'est-à-dire constitués par des planches superposées à fil parallèle, collées entre elles au moyen de colles résistant à l'eau, comme certaines colles à la caséine, ou des colles aux résines synthétiques, l'uréformol était l'une des plus utilisées (commerciallement colle Caurite, Mélocol, etc...). Les techniques de préparation des bois, de lamellation, de collage des pièces entre elles, la manière de disposer les éléments, les précautions à prendre pour obtenir de bons résultats avaient été exposées en détail.

En liaison avec l'*Institut Technique du Bâtiment*, nous avons commencé en 1948 une recherche sur l'extension de ces procédés à d'autres types de charpente que les charpentes lamellées, et nous avons abordé le cas des charpentes triangulées.

Nous avons déjà donné un bref compte rendu ⁽²⁾, l'année dernière, des essais entrepris dans ce but.

Ils portaient sur des assemblages de pièces à fil parallèle ou à fil croisé (à 45° ou à 90°), tels qu'on les rencontre

dans les *nœuds* des charpentes triangulées. Les essais avaient été faits sur bois secs et leurs résultats avaient été enregistrés.

L'écueil, dans ces genres de collage, est représenté par la tendance des bois au gonflement et au retrait, sous l'influence des variations de l'état hygrométrique de l'atmosphère ambiante. Nous savons que les variations de dimensions des bois sont surtout importantes dans le sens transversal (celui de la largeur des lamelles), donc justement dans les plans de collage eux-mêmes. Le joint de collage se trouve soumis, si les fils des pièces ne sont pas parallèles, à des systèmes complexes de tension de directions différentes, qui, finalement, arrivent à désorganiser le joint de collage, et à réduire fortement ses résistances. Nous avons donc entrepris des recherches pour étudier le comportement des assemblages vis-à-vis des variations d'humidité des bois.

Pour réaliser assez rapidement une étude de ce genre, il fallait provoquer artificiellement un vieillissement des assemblages, en les soumettant à des alternances d'humidité et de séchage à l'air libre. Nous avons donc été amenés à établir un cycle opératoire comprenant une période d'immersion au bout de laquelle l'humidité des bois était portée au-dessus du point de saturation des fibres, puis une période de séchage à l'air libre au terme de laquelle l'humidité du bois était redescendue aux environs de 22 %. La période d'immersion avait été fixée à 8 j et celle de séchage à l'air libre à une quinzaine. La durée totale d'un cycle était au minimum de 3 semaines.

⁽¹⁾ L'utilisation de la colle dans la charpente. Circulaire de l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, Série H, n° 20, 5 mai 1947.

⁽²⁾ Essais et recherches sur les bois et leur utilisation. Oct. 1948, *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*. Matériaux, n° 1, Nouvelle série.

Chaque assemblage ayant fait l'objet de cette étude a été soumis à l'action de trois cycles complets, le dernier cycle s'étant terminé par une période de séchage à l'air libre de 6 semaines. Pendant toutes ces périodes de séchage, les assemblages ont été protégés de l'action directe de la pluie.

Dans notre esprit, la tenue du collage devait être appréciée par la perte de résistance mécanique des assemblages soumis à un effort de compression jusqu'à rupture. Nous avons donc mis de côté un certain nombre d'échantillons, qui n'ont pas été soumis aux cycles et qui nous ont servi de témoins.

Assemblages étudiés.

Trois catégories d'assemblages composés de trois pièces ont été préparées :

- A) Assemblages à fils parallèles;
- B) Assemblages à fils obliques (à 45°);
- C) Assemblages à fils perpendiculaires.

Suivant une idée de M. GAUTHIER, Ingénieur-Conseil, dans chacune de ces catégories furent réalisés deux ou trois types d'assemblages dont les plans de collages avaient été divisés au moyen de traits de scie parallèles au fil, pratiqués soit dans la pièce médiane seule, soit également dans les pièces latérales.

Nous avons eu ainsi :

CATÉGORIE A. — Deux types :

- 1° Pièces pleines;
- 2° Pièce médiane divisée dans le plan de collage en trois parties par deux traits de scie.

CATÉGORIE B. — Trois types :

- 1° Pièces pleines;
- 2° Pièce médiane seule divisée dans le plan de collage en trois parties par deux traits de scie;

- 3° Pièces médiane et latérales divisées dans le plan de collage en trois parties par traits de scie et rainurées à la fraise, chaque plan de collage étant de ce fait partagé en neuf parties.

CATÉGORIE C. — Trois types : comme catégorie B ci-dessus.

Les assemblages ont été réalisés avec des planches de sapin grossièrement rabotées de 20 cm de large et de 25 mm d'épaisseur.

Leurs formes et dimensions font l'objet de la figure 1.

Les traits de scie des pièces médianes avaient 4 mm de large, ceux des pièces latérales 3 mm.

La figure 2 montre la disposition des traits de scie.

Collage des assemblages.

Tous les éléments ont été assemblés entre eux au moyen de colle Mélocol H préparée suivant la for-

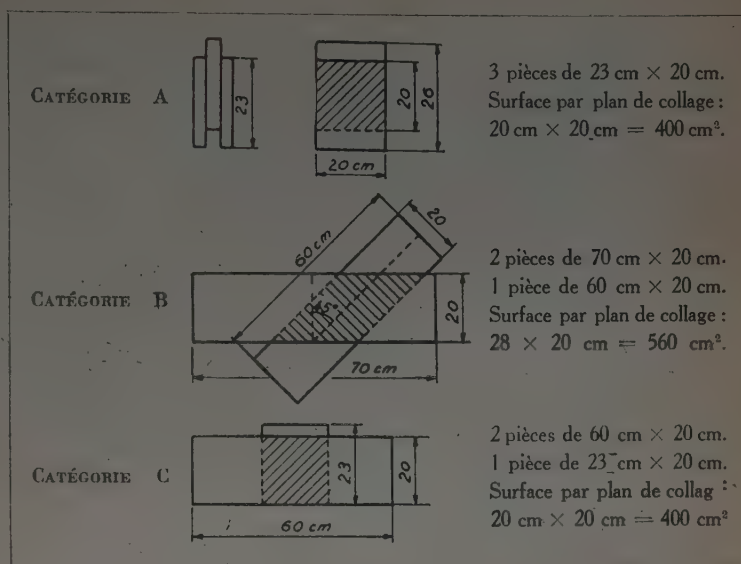


FIG. 1.

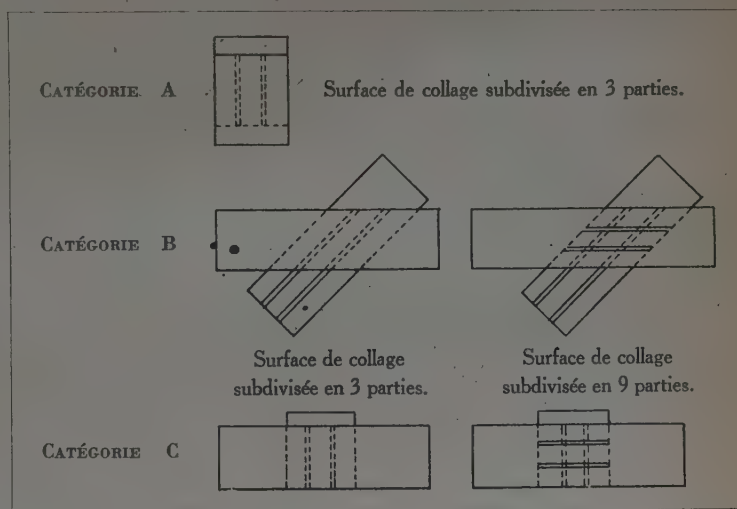


FIG. 2.

mule ci-dessous et suivant le mode d'emploi habituel.

- 100 parties Mélocol H;
- 50 — charge G (charge minérale);
- 10 — durcisseur 205;
- 70 — d'eau.

La pression a été exercée au moyen de quatre serre-joints à pompe, ce qui donnait approximativement sur le plan de collage 2 400 kg de charge, soit 6 kg/cm² pour les plans de 400 cm² et 4,3 kg/cm² pour les plans de 560 cm². La pression a été maintenue dans tous les cas 48 h au minimum, ce qui est plus que suffisant d'après les conditions d'emploi de la Mélocol.

Réalisation des essais.

Nous n'avons éprouvé aucune difficulté à effectuer les essais sur les assemblages des catégories A et C, mais sur ceux à fibres à 45°, il a fallu préparer un montage et donner aux éprouvettes un profil permettant de les caler solidement afin d'éviter les glissements, ainsi que le montre la figure 3.

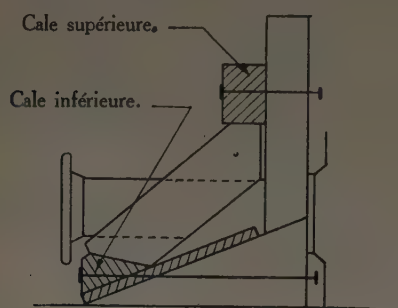


FIG. 3.

Les deux cales étaient maintenues solidaires du socle métallique par des serre-joints. Ce système a dans l'ensemble donné de bons résultats. Nous n'avons pas constaté de glissements de l'assemblage après mise en place, et la confection des éprouvettes, après découpage de calibres, n'a pas été trop difficile. Toutefois, nous avons remarqué, dans les premiers essais, que la pièce médiane trop longue par rapport à son épaisseur flambait lorsque l'effort de compression devenait trop important. Nous avons donc réduit sa longueur au strict minimum, et nous l'avons renforcée latéralement par deux flasques collés, en bois de même épaisseur.

L'assemblage à fil perpendiculaire était monté également sur un support en bois permettant le dégagement de la pièce médiane (fig. 4).

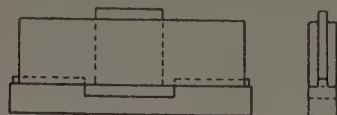


FIG. 4.

Avant de soumettre les assemblages à la machine de compression, nous avons pu faire quelques constatations sur leur aspect après les cycles d'immersion et de séchage.

Nous avons remarqué notamment sur les pièces croisées à 90° dont le plan de collage n'avait pas été divisé, une amorce très nette de décollement. Par contre, sur les mêmes pièces avec plan de collage divisé, nous n'avons pas observé le même phénomène, pas plus d'ailleurs que sur l'ensemble des pièces à fil parallèle et à fil oblique. Il est d'ailleurs évident que c'est dans le cas d'assemblage à fil perpendiculaire que les tensions dues au retrait

transversal du bois sont les plus fortes puisque la pièce centrale s'oppose au retrait des pièces latérales et vice versa (fig. 5 et 6). La division du plan de collage a donc à première vue réduit ces tensions et obvié à l'inconvénient du jeu du bois dans le cas où les effets de celui-ci sont les plus défavorables.

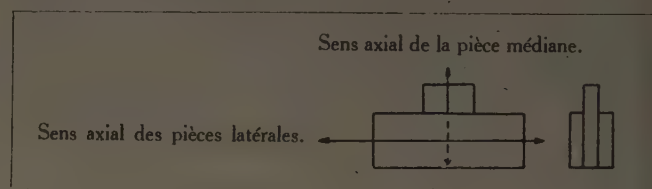


FIG. 5.

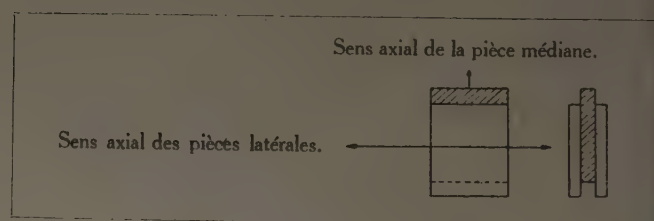


FIG. 6.

D'une façon générale donc, mis à part le cas précédent, les assemblages ne semblaient pas avoir trop souffert des épreuves physiques.

Nous les avons alors soumis jusqu'à rupture à un effort de compression. Les résultats sont consignés sur le tableau I.

Discussion des résultats d'essais.

Prenons d'abord l'ensemble des échantillons témoins qui n'ont pas subi les altérations de sécheresse et d'humidité. Si l'on compare les diverses catégories entre elles, on remarque tout de suite que les charges de rupture, élevées pour les assemblages à fil parallèle, sont au contraire très faibles pour ceux à fil oblique et à fil perpendiculaire. Les contraintes correspondantes sont normales pour la catégorie A, puisqu'en compression la moyenne est de 370 kg/cm² et que, dans l'ensemble les plans de collage ont résisté à une contrainte de cisaillement de 20 kg/cm².

En catégories B et C par contre, que l'on examine à la rupture les contraintes correspondantes en compression sur la pièce médiane ou les contraintes de cisaillement sur les surfaces de collage, on trouve des chiffres anormalement bas. Ce fait s'explique sans doute par la présence d'un moment de flexion dû à la méthode adoptée, amenant une rupture complexe qui nous empêche de comparer ces catégories avec la précédente. Mais cela dit, 90 % des ruptures se sont produites dans le bois par compression et les autres 10 % à des taux très voisins,

TABLEAU I. — RÉSULTATS D'ESSAIS.

TYPE d'assemblages	TÉMOINS				PIÈCES AYANT SUBI LES CYCLES DE SÉCHAGE ET D'HUMIDIFICATION			
	Charge de rupture	Contrainte sur la section droite	Fatigue de cisaillement sur le plan de collage	Genre de rupture	Charge de rupture	Contrainte sur la section droite	Fatigue de cisaillement sur le plan de collage	Genre de rupture
	1	2	3	4	1	2	3	4
Catégorie A (à fil parallèle)	kg	kg/cm ²	kg/cm ²		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	
		Section de 50 cm ²	Surface de 400 × 2 = 800 cm ²					
Pièces pleines	15 000 17 000 23 000	300 340 460	19 21 20	Cisaillement Compression de la pièce médiocre.	16 350 14 600 —	327 292 —	20 18 —	Cisaillement avec 50 % d'adhérence. Compression.
Moyenne	18 300	366	23		15 475	309	19	
Pièce médiane divi- sée	19 000 —	380 —	24 —		17 750 16 500	355 330	22 20	Compression. Compression.
Moyenne	19 000	380	24		17 125	342	21	
Catégorie B (à fil incliné à 45°)		Section de 50 cm ²	Surface de 560 × 2 = 1 120 cm ²					
Pièces pleines	6 850 7 200 6 600	137 144 132	6,1 6,5 5,9	Rupture com- plexe dans le bois par suite de flexion.	6 200 7 000 —	124 140 —	5,5 6,2 —	Rupture complexe.
Moyenne	6 880	138	6,2		6 600	132	5,9	
Pièce médiane divi- sée	7 500	150	6,7	Rupture complexe.	7 750 6 700	155 134	6,9 6	Rupture complexe.
Moyenne	7 500				7 225	144	6,4	
Pièces médianes et latérales divisées.	8 000	160	7,1	Cisaillement. avec 20 % d'adhérence.	6 900 7 900	138 158	6,1 7	Décollement total d'une pièce latérale. Rupture com- plexe.
Moyenne	8 000				7 400	148	6,5	
Catégorie C (à fil perpendiculaire)		Section de 50 cm ²	Surface de 400 × 2 = 800 cm ²					
Pièces pleines	7 100 6 300 7 000	142 126 140	9 8 8,7	Rupture dans le plan de col- lage.	5 800 6 200 —	116 124 —	7,2 7,7 —	Rupture dans le plan de col- lage.
Moyenne	6 800	136	8,6		6 000	120	7,5	
Pièce médiane divi- sée	6 750 —	135 —	8,4 —	Rupture dans le plan de collage.	6 300 6 400	126 128	7,8 8	Rupture dans le plan de col- lage.
Moyenne	6 750				6 350	127	7,9	
Pièces médianes et latérales divisées.	7 000	140	8,7	Rupture par cisaillement (1).	6 000 6 000	120 120	7,5 7,5	Rupture par cisaillement.
Moyenne	7 000				6 000	120	7,5	

(1) On dit qu'il y a rupture par cisaillement lorsque la rupture a lieu en dehors du plan de collage.

ce qui permet dans ce cas de calculer l'assemblage en partant des résistances propres du bois. Dans les assemblages à fil oblique et surtout dans ceux à fil perpendiculaire, la plupart des ruptures ont entraîné un décollement des pièces avec plus ou moins d'adhérence, une partie des fibres collées étant arrachées au voisinage du plan de collage. Le calcul des assemblages dans ces deux cas devient bien plus complexe. Sur ce premier point notre étude aura confirmé que la valeur des assemblages collés à fil oblique et à fil perpendiculaire est très inférieure à celle des assemblages collés à fil parallèle, sans toutefois pouvoir chiffrer cette différence.

Dans ce qui vient d'être dit, nous n'avons pas fait de différence entre les types à pièces pleines et ceux à pièces divisées. Par contre, examinons maintenant le tableau en tenant compte de ces particularités à l'intérieur de chaque catégorie. En considérant les pièces ayant subi les cycles de sécheresse et d'humidité, nous constatons d'abord que sur l'ensemble des résultats les résistances de ces dernières ont diminué de 10 % par rapport à celles des témoins. Ceci s'explique par le fait que des fentes sont apparues dans les bois au cours des alternances d'immersion et de séchage et que leur taux d'humidité était un peu élevé au moment des essais.

En catégorie A, l'examen des chiffres fait ressortir une meilleure tenue des assemblages à pièce médiane divisée, mais les ruptures s'étant produites surtout par compression, on ne peut guère tirer de conclusion des chiffres obtenus.

En catégorie B par contre, la plupart des ruptures s'étant produites dans le plan de collage, il est intéressant de remarquer que les résistances vont en croissant avec l'importance relative de la subdivision des pièces.

En catégorie C, les chiffres sont moins probants, mais ils font apparaître une meilleure cohésion des assemblages avec pièces divisées. Il faut retenir que le simple examen des pièces avait montré l'existence de fentes à la base des plans de collage des pièces non divisées.

Essais actuellement en cours et conclusions provisoires.

Les essais qui viennent d'être relatés, tout en nous permettant d'enregistrer des résultats intéressants, avaient été aussi des essais d'orientation et de mise au point des méthodes. Nous les avons repris en tenant compte des enseignements acquis, et des essais analogues

sont en cours de réalisation. Le cycle des opérations de séchage et d'immersion se poursuit régulièrement depuis plusieurs mois. Malheureusement, il ne semble pas qu'on puisse en tirer pour le moment des conclusions définitives. Nous constatons en effet beaucoup de décollements, sous la seule influence des cycles en cours, cela après 3 mois environ de traitement.

A quoi peuvent être dus ces décollements?

a) On peut les attribuer à une mauvaise qualité de la colle. Cependant nous avons donné tous nos soins à la préparation de la colle. Celle-ci était une Mélocol H de qualité commerciale courante, et non vieillie.

b) On peut penser aussi à une mauvaise exécution des collages. Pourtant ceux-ci ont été exécutés au laboratoire, aussi soigneusement que possible, sous des pressions de collage de 4 à 5 kg/cm², à des températures convenables, et avec des temps de serrage suffisants.

c) On peut enfin faire entrer en jeu l'action des forces que nous voulons justement mettre en évidence. Si cette dernière raison est la vraie, elle suffirait à condamner le collage à fil non parallèle, à joints divisés ou non divisés.

Mais nous ne pouvons encore porter cette conclusion définitive, étant donné que l'on n'est jamais tout à fait certain de la bonne qualité d'une colle ou de la bonne exécution d'un collage.

Quoi qu'il en soit, et sans vouloir porter de jugement définitif, nous dirons qu'il faut rester très prudents dans nos réalisations de charpentes collées. Si les Suisses et les Américains ont obtenu de bons résultats, n'oublions pas qu'ils se sont placés dans des conditions que nous avons définies, c'est-à-dire collages à fil parallèle, intéressant de grandes surfaces de collage, les efforts par unité de surface restant dans des limites très acceptables.

La réalisation de charpentes triangulées collées, avec collage de barres à fils obliques ou croisés, avec faibles surfaces de collage par rapport aux efforts qui s'exercent sur les nœuds, ne peut encore être recommandée aux constructeurs. Les quelques expériences faites à ce sujet sur des charpentes d'études confirment d'ailleurs ce point de vue.

Nous devons donc continuer nos recherches par exemple dans le sens de l'amélioration du collage lui-même et aussi, d'après les premiers résultats obtenus, de la division des joints.

II. — ESSAIS COMPARATIFS SUR ASSEMBLAGES D'ÉLÉMENTS DE FENÊTRES

Le but de cette étude était d'examiner comparative-ment les différents types d'assemblages : tenon et mortaise, chevillé et non chevillé, renforcé ou non par une équerre métallique et enfin assemblages collés.

Nous avons donc examiné successivement :

1° La tenue des assemblages sous forte charge (à la rupture);

2° La tenue des assemblages sous cycles alternés, en vue de connaître leur élasticité.

3° La tenue des assemblages dans le temps.

Il a été tenu compte également dans chaque cas de la facilité de réalisation des assemblages étudiés.

Différents types d'assemblages étudiés.

Nous avons étudié successivement trois groupes d'assemblages :

Premier groupe : Assemblages traditionnels.

- a) Avec cheville bois et équerre métallique;
- b) Avec cheville bois sans équerre;
- c) Avec cheville métallique sans équerre;
- d) Sans cheville et sans équerre.

Deuxième Groupe : Assemblages tenon-mortaise collés.

- a) Collage Mélocol :
 - 1° Tenon-mortaise simple;
 - 2° Mortaise-tenon fendu.
- b) Collage colle forte :
 - 1° Tenon-mortaise simple;
 - 2° Mortaise-tenon rainuré.

Troisième Groupe : Assemblages collés.

- a) A tenon-mortaise;
- b) A mi-bois;
- c) A mi-bois et coupe d'onglet;
- d) Par gousset intérieur dit « pigeon ».

Méthodes d'essais.

1° Nature des essais.

L'éprouvette (décrite ci-après) a été soumise à un effort de traction tendant à ouvrir l'assemblage et provoquer un véritable cisaillement dans le ou les plans

de collage. Cet effort de traction a été plus ou moins poussé de manière à réaliser les essais ci-après.

a) Essai de résistance à la rupture.

Dans cet essai la charge est appliquée progressivement et les déformations sont relevées à l'aide d'un extensomètre jusqu'aux premiers signes de fatigue décelés par des craquements ou par des déformations importantes. On note la courbe de déformation et la charge de dislocation ou de rupture.

b) Essai d'élasticité.

L'éprouvette est soumise à des cycles alternés de charge et décharge. Les déformations instantanées, après application de la charge, et résiduelles, après décharge, sont notées. On trace la courbe de déformation. On en déduit les qualités d'élasticité de l'assemblage.

c) Essai de résistance des assemblages dans le temps.

Les assemblages du deuxième et du troisième groupe, c'est-à-dire les assemblages collés et un assemblage témoin du type traditionnel avec cheville bois sans équerre, sont soumis à ces essais. Chargés en dessous de leur limite élastique ils sont exposés aux intempéries et subissent les variations du degré hygrométrique de l'air pendant un certain temps.

Les déformations sont relevées à l'aide d'un rapporteur d'angles; ces relevés sont renouvelés périodiquement et ce, pendant un temps indéterminé, qui dépendra des déformations que l'on pourra constater.

Les résultats de ces derniers essais qui n'en sont encore qu'à leurs débuts seront publiés ultérieurement.

2° Dimensions des éprouvettes.

Les essais ont été réalisés sur des éprouvettes de chêne dont la forme et les dimensions sont mentionnées sur le schéma ci-dessous (fig. 7).

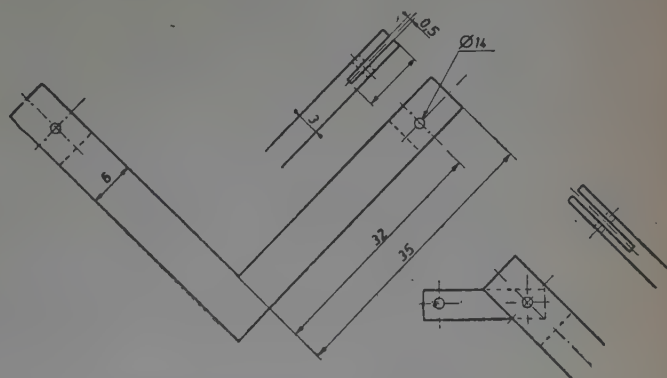


FIG. 7.

Pour transmettre à l'élément l'effort de traction dont il a été parlé ci-dessus, celui-ci était fixé dans les mâchoires de la machine d'essais par l'intermédiaire de deux plaques encastrées dans les extrémités de l'éprouvette, ces dernières ayant été au préalable toupillées pour former une chape, et percées pour le passage d'un axe traversant l'ensemble et servant d'articulation pour la mise en place de l'équerre dans la machine.

3^e Mesure des déformations.

L'appareil de mesure utilisé était un extensomètre gradué en 1/300 mm dont les pointes étaient écartées de 48 mm. Il était fixé très près du nœud, ce qui permettait d'isoler les variations du nœud par rapport à celles qui pouvaient se produire dans les montants de l'équerre.

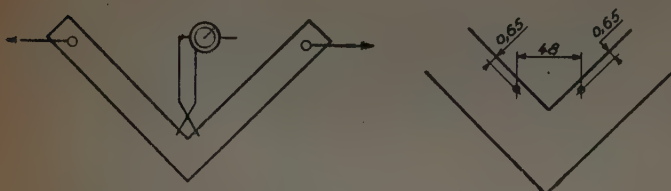


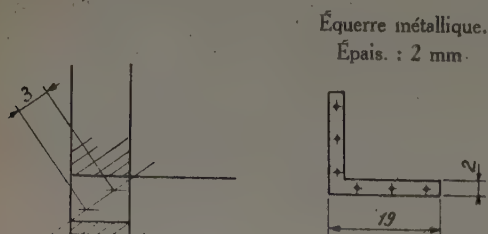
FIG. 8.

La figure 8 indique la façon dont l'appareil était monté.

Résultats d'essais.

PREMIER GROUPE

L'assemblage traditionnel est un assemblage par tenon et mortaise avec chevilles en chêne et équerre métallique (fig. 9). L'équerre de renfort est en tôle de 20/10 de mm d'épaisseur; elle est encastrée et vissée au moyen de 6 vis à têtes fraisées de \varnothing 3 mm, longueur 15 mm. On a essayé de voir le rôle joué par ces divers éléments.



Cheville métallique.

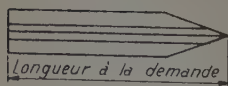


FIG. 9.

Dans le cas où l'on remplace les chevilles bois par des chevilles métalliques, celles-ci sont en alliage léger coulé sous pression, dont la composition est : aluminium 75 %, zinc 23 %, cuivre 0,46 %. Cet alliage est suffisamment mou, et peut être raboté assez facilement.

A. Résistance à la rupture.

La figure 10 représente pour chaque type d'assemblage les diagrammes de déformation. Les déformations vers la rupture ne sont qu'approximatives, étant donné que les appareils de mesure sont retirés avant rupture. Les courbes ont donc été prolongées.

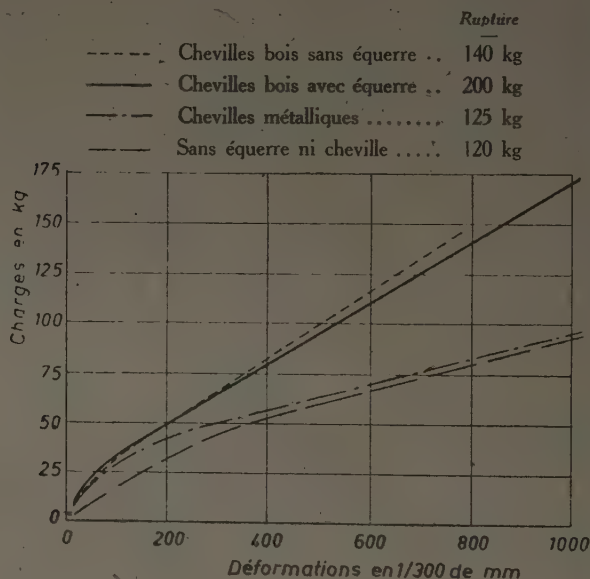


FIG. 10. — Ruptures des assemblages traditionnels.

Nous pouvons constater :

1^o Que les chevilles en bois renforcent un assemblage tenon-mortaise dans de très intéressantes proportions;

2^o Que la cheville métallique assure sous faible charge une assez bonne tenue puis soudain casse et transforme l'assemblage *c* en *d* (les courbes sont d'ailleurs, après cette rupture, sensiblement les mêmes);

3^o L'équerre renforce l'assemblage mais présente des inconvénients; ceux-ci seront mis en évidence par l'essai d'élasticité.

Il était intéressant de noter pendant les essais, les déformations que subit l'équerre. Celle-ci sous faible charge avait tendance à s'échapper de son logement et exerçait sur les vis les plus rapprochées du nœud des efforts de traction. Vers 100 kg ces vis étaient littéralement arrachées et l'équerre se déformait latéralement; à 175 kg une légère fente était visible juste dans l'angle. Cette fente ne faisait par la suite que s'accroître et ce jusqu'à la rupture.

B. Élasticité de l'assemblage.

Celle-ci se déduit de l'examen des courbes des figures 11, 12 et 13.

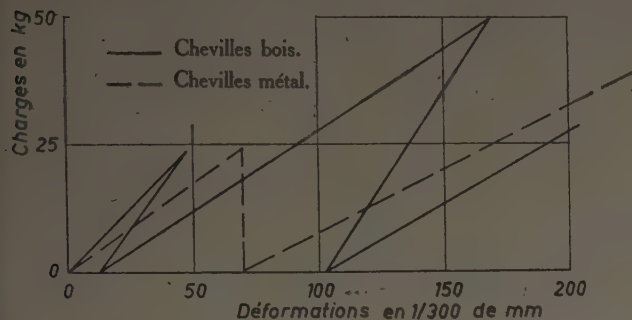


Fig. 11.

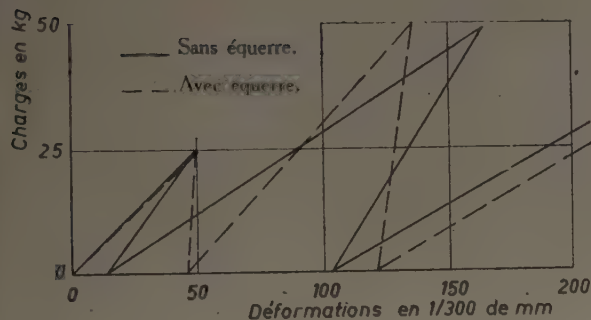


Fig. 12.

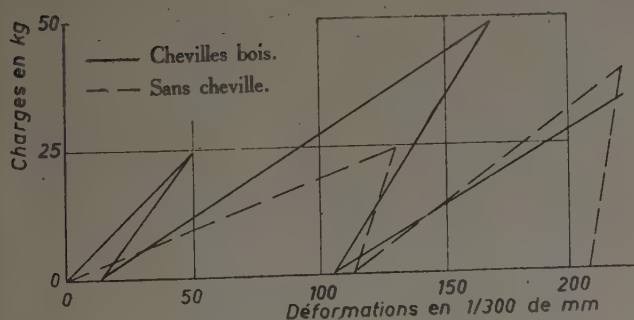


Fig. 13

Si nous comparons les chevilles bois aux chevilles métalliques (fig. 11), nous observons qu'après application d'une charge de 25 kg, la cheville métallique subit une déformation 20 % plus élevée que la cheville bois. Après décharge, la cheville métallique conserve une déformation permanente environ cinq fois plus élevée que la cheville bois. Ces importantes différences sont dues à la grande élasticité de la cheville bois. De plus, après application d'une charge de 40 kg, la cheville

métallique relativement cassante est cisailée et les déformations deviennent, après cette rupture, très importantes.

Si nous comparons maintenant l'assemblage avec équerre à l'assemblage sans équerre (fig. 12), nous pouvons faire les constatations suivantes :

Les déformations instantanées sous l'application d'une charge de 25 kg sont identiques pour les deux types d'assemblages. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'équerre, mal ajustée dans son encastrement, n'a pas encore assuré un contact parfait avec le bois et avec les vis de fixation; elle s'est légèrement déplacée sans pour cela renforcer l'assemblage. Mais ce déplacement, cette mise en place de l'équerre, demeure même après décharge et ici apparaît l'inconvénient de l'équerre.

Après décharge, l'assemblage avec équerre conserve une déformation quatre fois plus importante que l'assemblage sans équerre.

Lorsque la charge passe ensuite à 50 kg, l'équerre devient efficace et assure une meilleure tenue; les déformations sont diminuées de 18 % par rapport à l'assemblage sans équerre.

Après décharge, même inconvénient que précédemment; l'équerre reste déformée, l'assemblage sans équerre devient supérieur, sa déformation étant diminuée de 8 % par rapport à l'assemblage avec équerre.

Comparons enfin les assemblages avec chevilles bois et sans chevilles (fig. 13) (l'équerre étant enlevée dans les deux cas). Il y a avantage à tout point de vue pour les assemblages chevillés. L'assemblage tenon et mortaise sans cheville prend sous charge de 25 kg une déformation due à la difficulté de réalisation de l'assemblage. Les déformations ne croissent pas proportionnellement à la charge car le tenon se met en place assez rapidement et assure une meilleure tenue de l'ensemble.

Conclusions relatives à l'étude des assemblages du premier groupe.

L'équerre de renfort existant sur les assemblages classiques assure une résistance à la rupture plus importante mais a le grave inconvénient de conserver les déformations et enlève ainsi toute élasticité à l'assemblage.

La cheville métallique, par sa simplicité de mise en place, présente de gros avantages, mais ne doit être employée que pour des assemblages ayant à subir de faibles charges.

En résumé, l'assemblage tenon et mortaise sans équerre et chevillé par chevilles bois présente toutes les garanties quant à sa tenue sous très forte charge et à son élasticité.

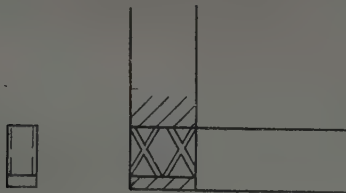
DEUXIÈME GROUPE

Il s'agit ici des assemblages tenon-mortaise collés.

Des échantillons ont été réalisés de plusieurs façons.

D'une part, assemblages à tenon-mortaise simple et mortaise avec tenon fendu, le collage étant fait à la Mélocol. D'autre part, assemblages à tenon-mortaise simple et tenon-mortaise rainuré, le collage étant fait à la colle forte.

Le collage de tels assemblages n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire. Le simple fait d'assembler dans la mortaise le tenon enduit de colle, a tendance à chasser la colle vers l'extérieur. C'est la raison pour laquelle, à côté de l'assemblage classique, nous avons fendu ou rainuré le tenon pour faire de la place à la colle. Pour le tenon fendu, après la mise en place du tenon, celui-ci était écarté à l'aide de petits coins qui assuraient un serrage énergique. Pour le tenon rainuré, nous avons rainuré en pattes d'araignée (plusieurs rainures en x), qui avaient pour but de constituer des réserves de colle lors du montage et d'empêcher la colle de s'échapper. La colle d'os utilisée est beaucoup plus fluide que la Mélocol (fig. 14).



tage de l'assemblage collé sur l'assemblage chevillé. Lorsque la charge monte à 150 kg les déformations de ces divers assemblages collés sont à peu près les mêmes. Seuls les chiffres de rupture varient dans de notables proportions, mais étant donné qu'une fenêtre n'est jamais soumise à de tels efforts, ces chiffres ne présentent qu'un intérêt théorique. Notons en tous cas que sous 75 kg, les déformations de ces assemblages collés sont neuf fois plus faibles que celles des assemblages chevillés.

B. — Élasticité de l'assemblage.

Les courbes des figures 16, 17, 18, 19 permettent de constater encore la supériorité des assemblages collés sur les assemblages chevillés au point de vue de l'élasticité. L'assemblage collé, quel qu'il soit, est très élastique; les déformations résiduelles sont incomparablement plus faibles que pour les assemblages chevillés.

On peut faire d'autres constatations. Sur les figures 16

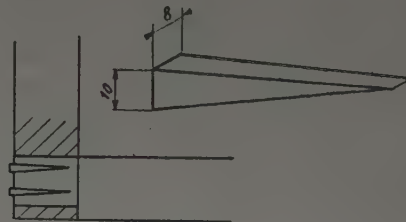


FIG. 14.

A. — Résistance à la rupture.

Les courbes de la figure 15 représentent pour chaque type d'assemblage les charges de ruptures obtenues et les déformations correspondantes. Nous avons également figuré la courbe comparative d'un assemblage tenon-mortaise assemblé par chevilles bois.

De l'examen de ces courbes, il apparaît un net avan-

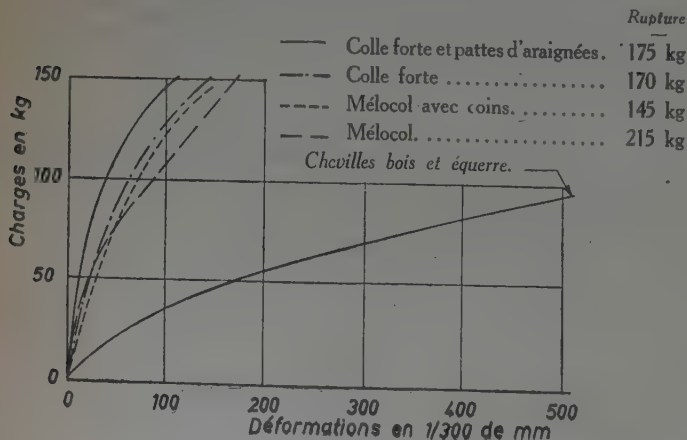


FIG. 15.

et 17 on se rend compte de l'influence de la colle. La colle forte, plus fluide que la Mélocol, semble meilleure, elle pénètre mieux à l'intérieur de la mortaise. Sous l'application d'une charge de 75 kg, l'assemblage collé à la colle

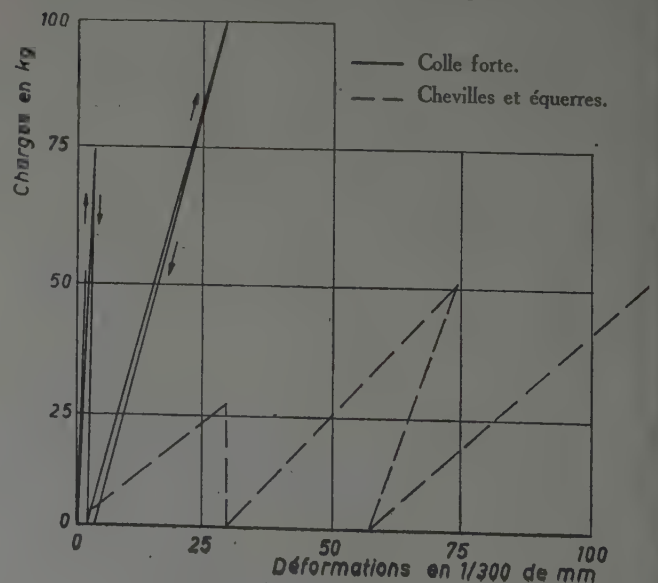


FIG. 16.

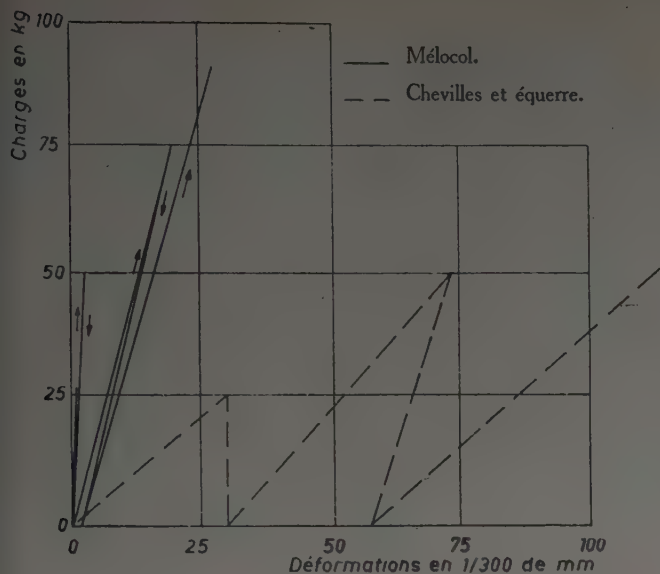


FIG. 17.

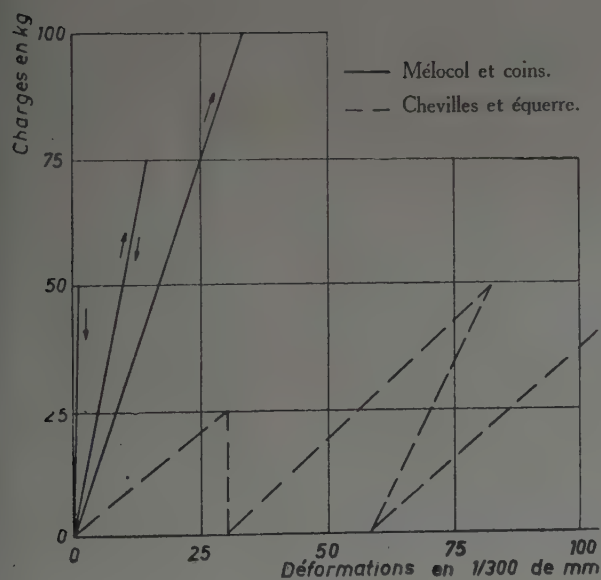


FIG. 18.

forte subit une déformation quatre fois plus faible que celui collé à la Mélocol. Cependant, après décharge, les deux assemblages ne conservent pratiquement aucune déformation.

Quant aux différents procédés de collage, les figures 17 et 18 permettent de comparer deux assemblages, l'un collé par Mélocol sans préparation spéciale, l'autre, au contraire muni de coins de serrage. Aucune différence sensible n'est apparue. Les rainures en pattes d'araignée effectuées sur les deux faces du tenon n'offrent pas plus d'intérêt que les coins, au contraire (fig. 16 et 19).

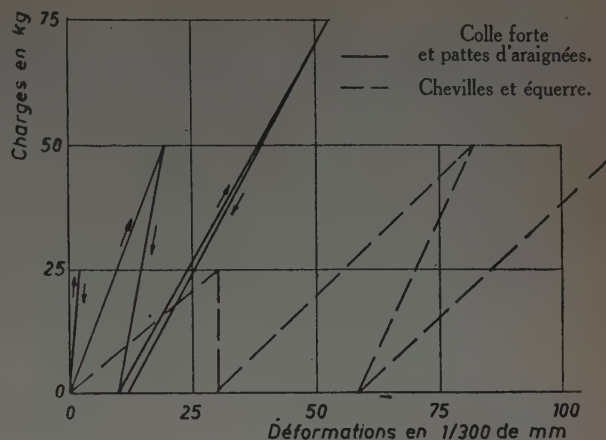


FIG. 19.

Conclusions relatives à l'étude des assemblages du deuxième groupe.

Tous les types d'assemblages tenon-mortaise de ce groupe ont donné d'excellents résultats quels que soient d'ailleurs les procédés utilisés : coins, rainures.

L'emploi d'une colle de qualité courante et surtout le soin apporté pour la réalisation du collage (serrage en particulier) demeurent les facteurs importants de réussite.

TROISIÈME GROUPE

Il s'agit ici des assemblages collés autres que les assemblages tenon-mortaise. Ceux-ci n'interviennent qu'à titre de comparaison.

Nous avons successivement examiné des assemblages à mi-bois, à mi-bois et coupe d'onglet à 45°, et enfin à goussets (dits « pigeons »).

Les dimensions des éprouvettes étaient les mêmes que celles des deux premiers groupes. Tous les assemblages étaient collés à la Mélocol. L'équerrage au moment du collage était assuré par un cadre; le serrage était réalisé par serre-joints.

L'assemblage tenon et mortaise classique était semblable à celui du groupe 2.

Les figures 20, 21 et 22 montrent les détails de réalisation. Le « pigeon » était en chêne, le sens du fil parallèle à la coupe d'angle.

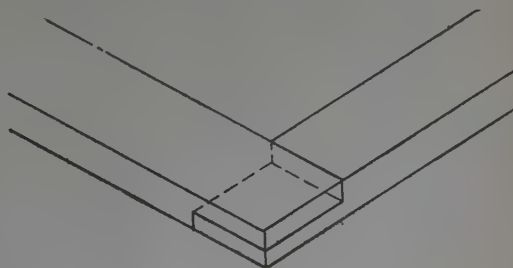


FIG. 20.

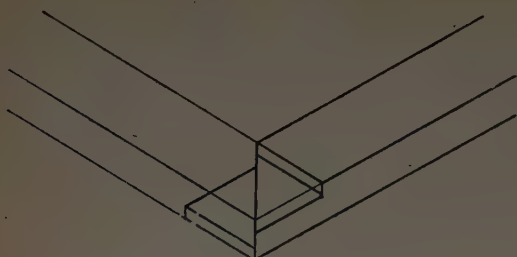


Fig. 21.

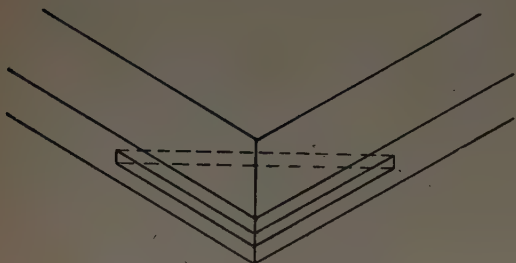


Fig. 22.

A. — Résistance à la rupture.

Deux séries d'essais ont été effectuées et dans chaque série nous avons essayé à nouveau un assemblage non collé renforcé par des chevilles bois en vue de le comparer avec les assemblages collés. Les courbes des figures 23 et 24 représentent pour chaque type d'assemblages les charges avec les déformations correspondantes ainsi que les charges de ruptures.

Deux assemblages dans les deux séries présentent un intérêt particulier : l'assemblage *mi-bois* et l'assemblage par *tenon et mortaise collés*. Ce dernier paraît supérieur aussi bien par son chiffre de rupture élevé que par la faiblesse de ses déformations.

Viennent ensuite, dans l'ordre : l'assemblage *mi-bois* avec coupe d'onglet, puis l'assemblage par pigeons.

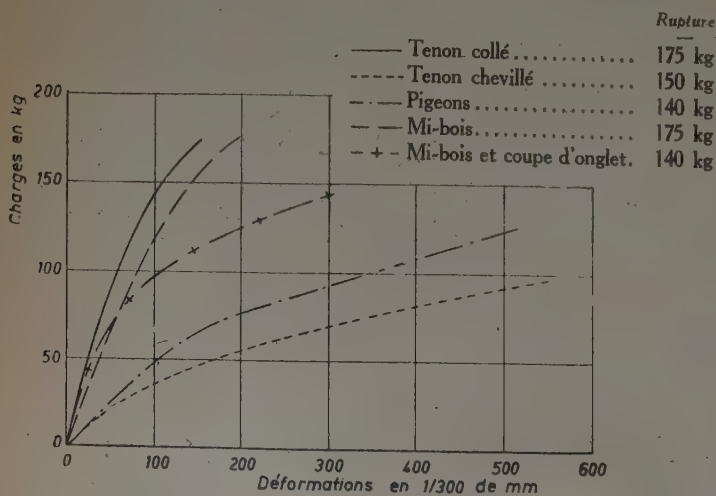


Fig. 23.

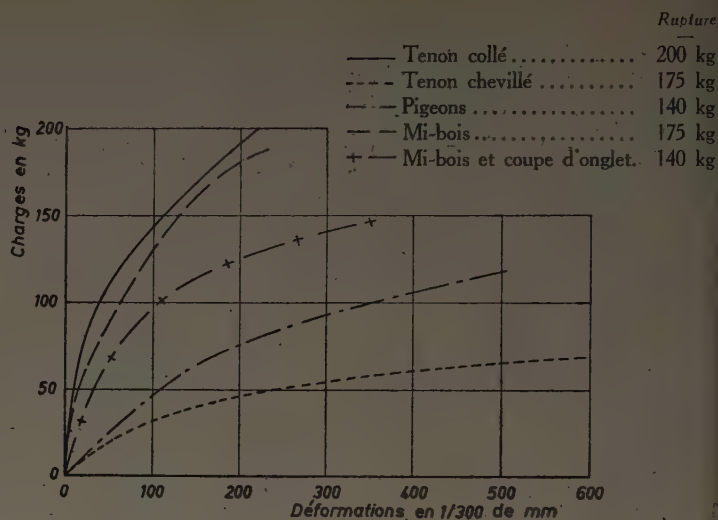


Fig. 24.

L'assemblage « pigeon » n'a pas donné les résultats attendus. Il bénéficie d'une surface de collage plus importante et pourtant les résultats sont très moyens. De toutes façons, sa réalisation trop complexe ne permettrait pas de le retenir pour des fabrications en série.

B. — Essais d'élasticité.

Comparés, dans chaque série, à l'assemblage tenon-mortaise chevillé, les assemblages collés sont comme nous l'avons déjà dit de beaucoup supérieurs.

Les courbes des figures 25, 26, 27, 28 montrent successivement les déformations instantanées et résiduelles sous faible charge enregistrées pour les divers assemblages.

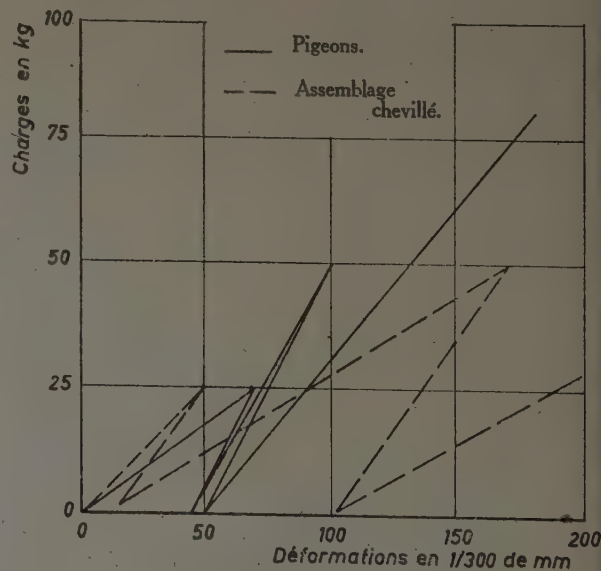


Fig. 25.

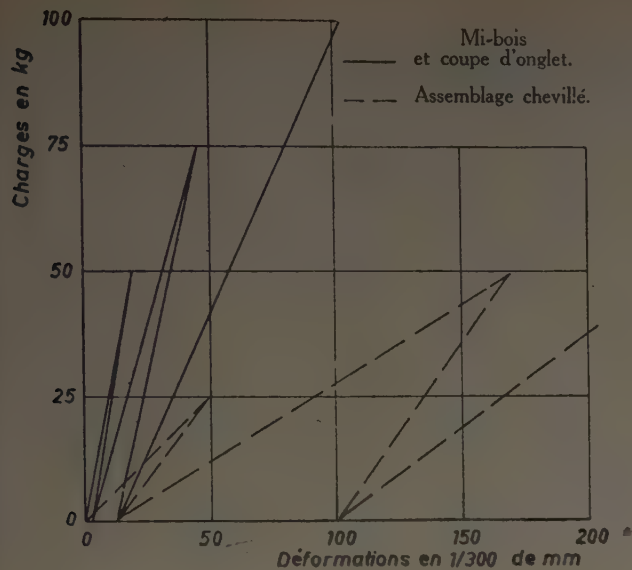


Fig. 26.

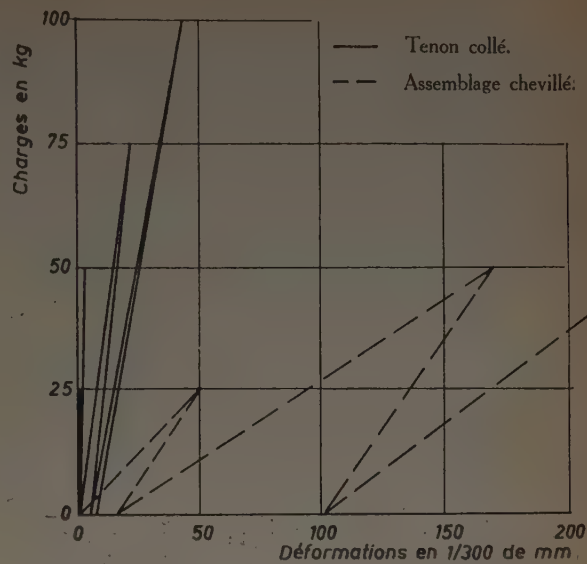


Fig. 28.

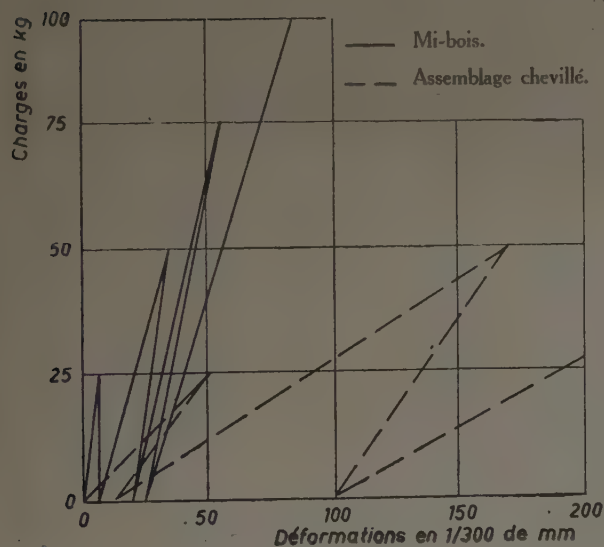


Fig. 27.

Ici encore, les assemblages par tenon et mortaise collés donnent d'excellents résultats.

Le classement peut s'établir ainsi :

- 1° Assemblage tenon mortaise collé;
- 2° — mi-bois;
- 3° — mi-bois avec coupe d'onglet;
- 4° — pigeon.

Conclusions relatives à l'étude des assemblages du troisième groupe.

A la suite des essais d'élasticité et de tenue sous forte charge, nous pouvons retenir comme assemblages collés deux assemblages intéressants : l'assemblage à tenon et mortaise et l'assemblage à mi-bois.

En tenant compte de la facilité de réalisation industrielle des assemblages à mi-bois, et de leurs résistances mécaniques suffisantes, nous pensons que ces derniers présentent un intérêt particulier.

III. — ÉTUDE DE PEINTURES, VERNIS ET REVÊTEMENTS DIVERS

Nous avons déjà donné ⁽¹⁾ des indications sur les recherches entreprises pour la protection des bois mis en œuvre (menuiseries en particulier) et sur les premiers résultats que nous avions obtenus. Les essais en question ont continué et continuent encore.

La méthode qui avait été utilisée par notre laboratoire était la suivante :

L'essence choisie pour les essais est le hêtre, bois dur possédant un retrait relativement élevé et pour avoir le maximum de jeu, les échantillons utilisés ont été débités sur dosse. Les dimensions moyennes de ces échantillons sont :

Longueur	30 cm
Largeur	15 cm
Épaisseur	18 mm

la plus grande dimension correspondant au sens tangentiel du bois. Ces planchettes bien sèches et conditionnées ont été badigeonnées à l'aide de divers produits, soit en une couche, soit en deux couches, soit en trois couches et de telle manière que la surface totale de la planchette (même en bout), soit recouverte de produits.

Lors de chaque série d'essais, des planchettes brutes sans aucun revêtement protecteur ont servi de témoins.

Une fois badigeonnée chaque planchette a été conservée un temps plus ou moins long dans une salle chauffée à température de l'ordre de 15 à 20° jusqu'au moment où elle a conservé un poids constant au cours de deux pesées successives (temps entre deux pesées 8 j en moyenne). A ce moment, les bois étaient stabilisés, les solvants divers étant évaporés et l'humidité moyenne des bois identique.

Une fois stabilisées, les planchettes furent placées dans une cave où la température et l'état hygrométrique étaient stabilisés à des valeurs déterminées, l'état hygrométrique étant de l'ordre de 90 %. Dans cette atmosphère humide, les échantillons traités ont repris plus ou moins d'humidité en fonction de l'efficacité imperméabilisante de la couche de revêtement. Cette absorption d'humidité fut suivie par des pesées fréquentes, et parallèlement, lors des premiers essais, des mensurations furent également effectuées. Il y a une relation très nette entre ces deux phénomènes : absorption d'humidité, et gonflement du bois, si bien que lors des essais ultérieurs, seule l'absorption d'humidité fut mesurée. Lorsque tous les échantillons ont été stabilisés, au point de vue poids dans cette atmosphère humide, ils ont été ensuite replacés dans d'autres conditions où l'air était plus sec et leurs variations de poids mesurées.

Cette méthode vaut aussi bien pour les produits hydrofuges que pour les peintures et vernis. Cependant dans

ce dernier cas les essais ont été simplifiés et n'ont porté que sur l'influence de variations de l'humidité atmosphérique suivant la méthode générale exposée antérieurement. Seules les variations de poids ont été mesurées, elles donnent en définitive la valeur relative de l'imperméabilisation par rapport à des bois traités pris comme témoin.

Nous nous sommes servis des planchettes en hêtre déjà décrites; ces échantillons ont été bien séchés et rabotés convenablement avant application des peintures et vernis, les bois n'ont subi aucun apprêt préalable.

Des peintures et vernis différents ont été essayés, nous les désignerons par des numéros et nous donnerons les produits principaux entrant dans leur composition :

Produits hydrofuges	{ A, B, C, D, E en une ou deux couches; Paraffine.
Peintures diverses en une ou plusieurs couches	{ Peinture à l'huile; Peinture à base de bitume; Peinture à base d'aluminium; Peinture à base d'urée.
Vernis en une ou plusieurs couches	{ Vernis bakélite; Vernis glycérophthalique.

Nous ne donnerons pas ici les résultats de chacun de ces essais; mais nous avons résumé dans un graphique (fig. 29) les résultats comparatifs obtenus par rapport à des planchettes témoins en hêtre brut, non revêtus de produits protecteurs et qui ont subi les mêmes cycles d'exposition que les autres planchettes.

Le graphique a été établi en prenant dans chaque cas les quantités d'eau absorbées entre le moment où les échantillons ont été tous stabilisés, au point de vue poids, dans un air relativement sec et celui où les échantillons témoins ont été stabilisés, au point de vue poids, dans un air humide.

En posant égales à 100 les quantités d'eau absorbées par les témoins, nous avons pu ramener les quantités d'eau prises par chacun des échantillons à un nombre compris entre 0 et 100 et qui donne une idée de la valeur relative, en tant qu'hydrofuge, des produits essayés. Ce sont ces valeurs qui sont indiquées en abscisse dans ce graphique.

De ces résultats, il ressort que certaines peintures à base de produits bitumineux ou contenant de l'aluminium et certains vernis à base de bakélite, semblent être de bons protecteurs contre les reprises d'humidité et limitent le « jeu du bois ». La peinture à l'huile — trois couches — très souvent utilisée, donne une assez bonne protection.

Les premiers essais n'ont pu être réalisés systématiquement; quelques peintures et vernis commerciaux ont été pris au hasard pour ces essais et l'on aperçoit de très grandes différences suivant la composition des enduits essayés.

(1) Essais et recherches sur les bois et leur utilisation. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*. Matériaux n° 1, Nouvelle série, oct 1948.

POURCENTAGE D'EAU ABSORBÉE

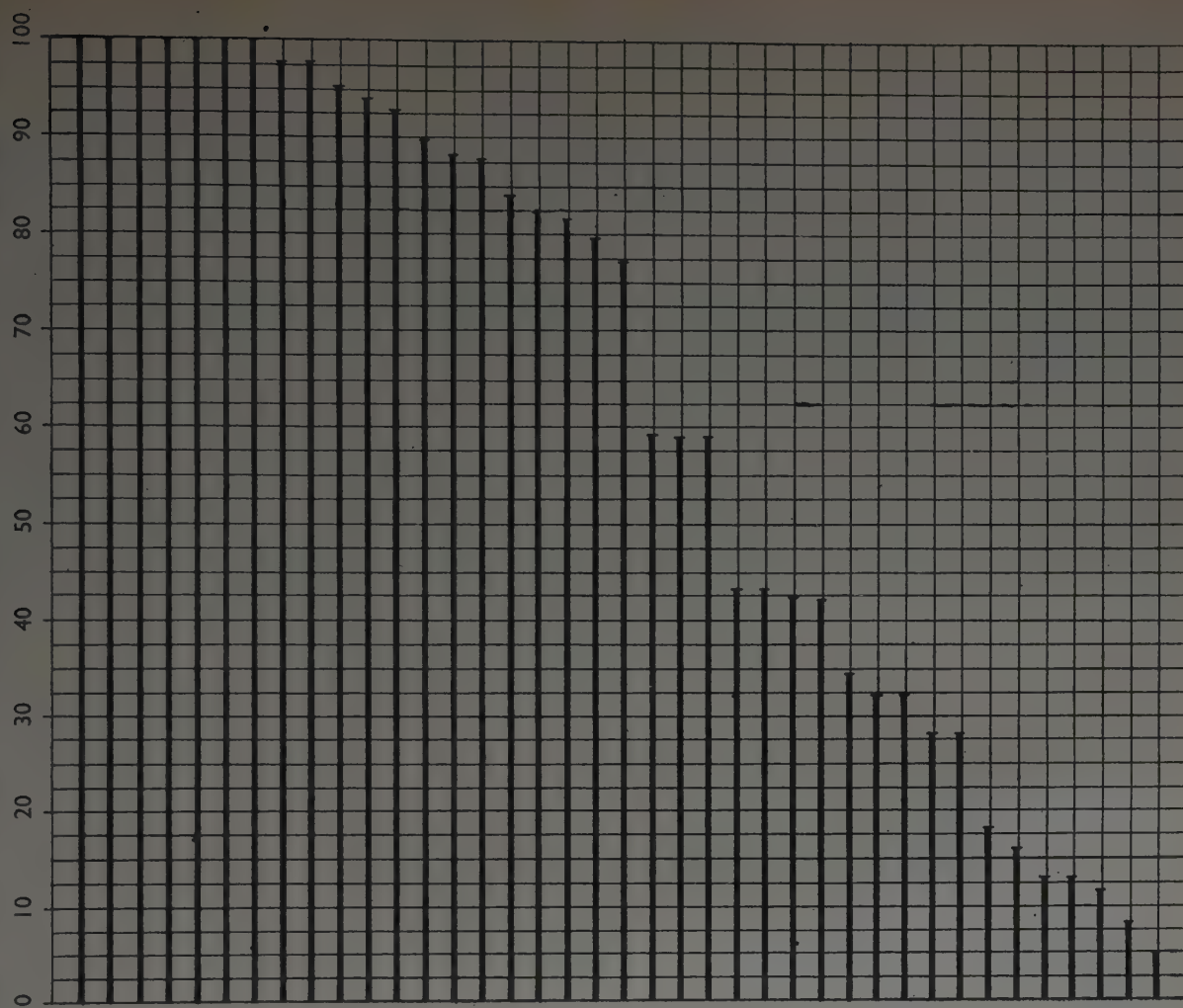


Fig. 29. — Comparaison des valeurs hydrofuges de divers produits de revêtement du bois.

IV. — ESSAIS SUR PORTES PLANES

Conformément aux conditions imposées au *Cahier des charges d'homologation et de réception des portes planes en bois, plaquées ou contreplaquées* (Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme), un certain nombre de types de portes rentrant dans cette catégorie ont été présentés au Laboratoire de l'I. N. B. pendant l'année 1948 pour être soumises aux essais prescrits par les articles 7 à 12 de ce Cahier des charges.

D'une façon générale ces portes sont constituées d'un bâti en bois massif formant cadre à l'intérieur duquel est disposé un réseau de lattes. L'ensemble étant recouvert de deux panneaux contreplaqués. La disposition des lattes, leur épaisseur, leur nature (sciage, tranchage, contreplaqué), leur assemblage, forment un ensemble d'éléments donnant à chaque type de portes son originalité.

Systèmes présentés.

Un premier genre parmi les systèmes présentés nous a semblé particulièrement intéressant, c'est le système *nid d'abeille* que plusieurs constructeurs ont étudié en y apportant quelques variantes (fig. 30). Ce faisceau



Fig. 30.



Fig. 31.

est constitué de lamelles posées sur champ, accolées en certains points, soit par collage soit par agrafage et maintenues écartées régulièrement en d'autres points, de façon à former des alvéoles en forme d'ellipse très allongée dont le grand axe est parallèle à l'axe de la porte. Le système présenté avec entretoises en bois contreplaqué de 55 mm de long et 6 mm d'épaisseur et traverse médiane a donné de bons résultats aux essais. Le même système sans entretoise ni traverse présenté par un autre construc-

teur a dû être renforcé, les simples lattes de 4 mm d'épaisseur n'assurant pas une rigidité suffisante.

Poids du type avec entretoises :

18,3 kg pour $\left\{ \begin{array}{l} 2,11 \text{ m de longueur;} \\ 0,825 \text{ m de largeur;} \\ 34 \text{ mm d'épaisseur.} \end{array} \right.$

Un autre système original en « arêtes de poisson » est constitué d'un bâti en bois massif à l'intérieur duquel un double cadre forme quatorze compartiments rectangulaires, chaque compartiment contenant sept lamelles semi-circulaires en bois déroulé de 2 mm d'épaisseur (fig. 31).

Poids de ce type de porte :

19 kg pour $\left\{ \begin{array}{l} 2,10 \text{ m de longueur;} \\ 0,81 \text{ m de largeur;} \\ 37 \text{ mm d'épaisseur.} \end{array} \right.$

Après mise au point, ce système a donné également de bons résultats vis-à-vis des différentes sollicitations mécaniques.

Un troisième système nous a paru intéressant par la simplicité du montage.

Dans ce type de portes, l'ossature est constituée par une série de cadres rectangulaires intérieurs les uns aux autres de dimensions décroissantes, les cadres étant formés de lattes de 8 mm d'épaisseur posées sur champ. L'écartement et le maintien en place de ces cadres sont assurés par des barres sur lesquelles viennent s'emboîter les lattes (fig. 32).

Poids de ce type :

13 kg pour $\left\{ \begin{array}{l} 2,12 \text{ m de longueur;} \\ 0,83 \text{ m de largeur;} \\ 32 \text{ mm d'épaisseur.} \end{array} \right.$

Ces trois types peuvent être classés sous la dénomination générale de *portes planes cellulaires*.

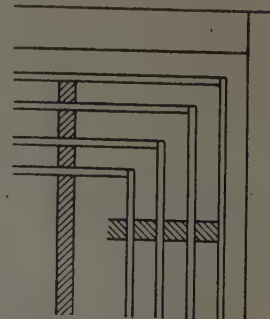


Fig. 32.

Un autre type de porte plane nous a été présenté s'écartant quelque peu des procédés ci-dessus exposés, l'âme étant à peu près pleine et les montants encadrant sur tout le pourtour le panneau central qui de ce fait se trouve protégé sur ses rives (fig. 33).

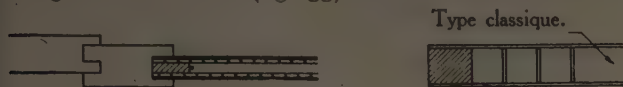


FIG. 33.

Ce panneau central est constitué de trois plis. Deux plis de 7 mm en carton épais fortement comprimé et revêtus sur chaque face d'un placage en bois de quelques dixièmes d'épaisseur. Au milieu une âme en bois de 8 mm formée de petites frises emboîtées les unes dans les autres et couvrant une grande partie de la surface du panneau.

Le fini de cette porte, en particulier le fait que les montants d'ossature encadrent le panneau central (alors que dans le type classique de porte plane le revêtement en contreplaqué est collé sur les montants) et la qualité du placage en font un modèle se rattachant presque à la menuiserie.

Poids de cette porte :

35.500 kg pour { 2,09 m de longueur;
78 cm de largeur;
35 mm d'épaisseur des montants.

Toutes ces portes ont été soumises avant homologation aux essais mécaniques et physiques prescrits par le Cahier des charges du M. R. U. et que nous allons rappeler ci-dessous.

Conditions générales d'essais.

Les essais sont effectués sur la porte complète telle qu'elle doit être mise en œuvre avec serrure encastrée dans son logement. Les portes comportant des ouvertures vitrées sont soumises aux mêmes essais, mais il est prévu que le couple de torsion peut être réduit.

Préalablement à tout essai, un examen général de la porte est effectué. Il porte sur les dimensions extérieures; longueur, largeur, épaisseur et sur le poids. Il est vérifié en particulier que les dimensions sont conformes à celles exigées par la Norme française P 23-301 (c'est-à-dire que la largeur et la hauteur de fabrication sont celles prévues à la Norme française P 01-005 avec tolérances $\pm 0 \pm 2$ mm et les épaisseurs sont de 32, 37 et 42 mm avec tolérances $\pm 0 \pm 1$ mm) et que la surlargeur à hauteur de serrure est bien respectée. Après cet examen général, il est procédé à l'essai de planitude prévu pour la réception (art. 1 du Cahier des charges). Celui-ci consiste à placer une règle rectiligne et rigide en diagonale sur chaque face de la porte, d'un coin au coin opposé, le bord de la règle en contact avec la face de la porte, ne doit s'en écarter en aucun point de plus de 5 mm. Lorsque toutes ces conditions sont remplies, les essais mécaniques et physiques sont entrepris simultanément. Ils comprennent : l'essai de déformation par

torsion, l'essai d'écrasement, l'essai de résistance à l'humidité et l'essai d'immersion.

Essai de déformation par torsion.

Cet essai est fait sur la porte entière placée horizontalement. Un de ses petits côtés est rendu solidaire d'un bâti fixe, et sur le côté opposé est exercé un couple de torsion de 20 kgm au moyen d'une poulie de 0,33 m de rayon dont l'axe coïncide avec l'axe longitudinal de la porte, et à laquelle est suspendue tangentielllement un poids de 60,6 kg (fig. 34).

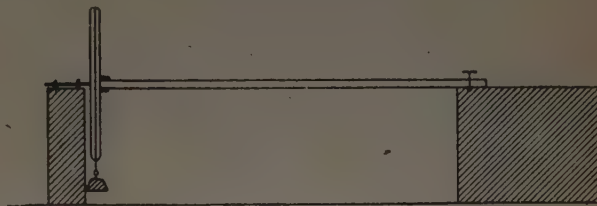


FIG. 34.

On note après 24 h de charge l'angle de torsion qui ne doit pas dépasser 3° par mètre de hauteur.

Après décharge on laisse la porte au repos pendant 24 h et, au bout de ce temps, l'angle permanent de torsion doit être pratiquement nul.

Essai d'écrasement.

On soumet la partie médiane de la porte, soutenue sur l'autre face, et sans intéresser les montants d'ossature à la pression d'un disque circulaire d'acier de 30 cm de diamètre monté sur une machine de compression. On fait monter la charge à 1 500 kg. On vérifie par une coupe après décharge que ni le revêtement, ni l'âme ne présentent aucune trace d'affaissement, de rupture, de fente ou de décollement.

Résistance à l'humidité.

On prélève dans une porte un élément de 50 × 50 cm minimum, découpé dans un angle et comportant la partie cadre et la partie âme correspondante. On trempe l'élément pendant 15 mn dans l'eau à 15° environ. On expose ensuite l'élément à l'air pendant 6 h au minimum dans un local où l'état hygrométrique est inférieur à 75 %. L'opération est répétée matin et soir pendant 3 j consécutifs.

Après l'essai, l'élément ne doit présenter aucune trace de décollement, ni dans les contreplaqués, ni dans l'ossature.

Essai d'immersion.

On fait un autre prélèvement de dimensions minima de 20 × 20 cm comprenant ossature et âme et découpé dans un angle de la porte. On immerge complètement l'élément dans l'eau vers 15° et on l'observe pendant 8 j. L'essai est satisfaisant si aucun décollement notable ne se produit avant le quatrième jour d'immersion.

Remarques résultant des essais effectués.

De l'ensemble des essais qui ont pu être effectués au Laboratoire sur différents types de porte plane, il ressort que les conditions imposées par le Cahier des charges du M. R. U. ne sont pas exagérées et que la plupart des modèles subissent avec succès ces épreuves. Celles-ci, établies d'ailleurs en partie par le Laboratoire, n'ont pas la prétention de reproduire tous les efforts auxquels sont soumises les portes planes dans la pratique. Elles ont pour but d'imposer aux constructeurs un minimum de conditions compatibles avec les garanties que peuvent exiger les utilisateurs et d'établir des comparaisons qui permettent de faire une sélection et une élimination.

L'essai d'immersion en particulier a pu être considéré par certains comme draconien; l'expérience a prouvé cependant, qu'après mise au point de leurs colles ou de leur technique de collage ou de pressage, la plupart des constructeurs sont arrivés à obtenir des résultats bien supérieurs aux conditions imposées. Ceci montre qu'il y a intérêt à maintenir la difficulté de cet essai qui constitue une précieuse garantie. Un des constructeurs par exemple nous avait adressé une porte dans laquelle l'épaisseur du cadre prévue pour 22 mm avait en réalité 23,5 mm. Il en résultait que le collage du contreplaqué sur les lattes qui avaient exactement 22 mm de largeur, était très défectueux. Cette erreur d'usinage réparée, la porte a subi avec succès l'essai d'immersion et au bout de 10 j aucune trace de décollement n'était visible. Un autre constructeur fabriquant lui-même le contreplaqué de revêtement de ses portes, nous en avait soumis plusieurs pour essais. La première

fois les résultats de l'essai d'immersion furent les suivants :

Après 7 h d'immersion le contreplaqué de revêtement en Okoumé était totalement décollé. Après 2 jours les lattes ainsi que les cadres étaient partiellement décollés. Pour le revêtement chêne après 12 h d'immersion le contreplaqué se décollait; 12 h plus tard, ce furent les lattes et les cadres qui se décollèrent à leur tour.

Après étude avec le Laboratoire, cette entreprise put mettre au point la préparation de sa colle et au troisième examen, pour l'ensemble de ces portes, aucun décollement n'a été constaté au bout de 6 j.

Parallèlement à l'essai d'immersion, l'essai de torsion est celui qui a offert le plus de difficulté. Il a permis de constater que certaines portes manquaient de rigidité et qu'un renforcement des montants ou la présence d'une traverse supplémentaire s'imposait. Dans tous les cas un remède a pu être trouvé.

D'une façon générale nous avons pu constater que les constructeurs respectaient les conditions imposées par les Normes en ce qui concerne les dimensions.

Conclusions.

Un effort d'originalité a été fait en 1948 par les constructeurs pour présenter des portes économiques qui soient à la fois légères et résistantes; il semble que la plupart d'entre eux aient réussi dans cette voie. Le laboratoire est toujours à leur disposition pour effectuer les essais qui en définitive sont pour eux la consécration de leurs efforts.

V. — ESSAIS SUR BÉTONS DE SCIURE

La fabrication des « bétons de sciure » par incorporation dans le ciment d'une certaine proportion de sciures n'est évidemment pas une chose nouvelle. Néanmoins elle suscite à l'heure actuelle un certain intérêt en raison des qualités propres qu'elle confère au béton :

Diminution de la densité;
Meilleure isolation thermique et phonique;
Clouabilité;
Possibilité d'usinage.

L'ensemble de ces caractéristiques explique la faveur de certaines recherches faites ces derniers temps dans les directions suivantes.

1° Remplacement des lambourdes supportant les parquets par un béton cellulosique.

Le parquet serait cloué directement sur cette aire en béton. Les Suédois, par exemple, ont déjà mis au point un tel béton sous le nom de « brélong ».

2° Fabrication de parquet sans joint.

La sous-couche de ce parquet serait constituée par un béton de sciure isolant sur lequel on appliquerait une couche d'usure (par exemple résines synthétiques prenant à froid sous pression). Une méthode analogue a été appliquée en Australie. On a refait le pont d'un bateau de 10 000 t, le *Wanganella*, au moyen de ce procédé et c'est l'exposé de la technique utilisée dans ce cas qui nous a amenés à faire des essais sur les bétons de sciure. L'originalité du procédé australien consistait surtout dans l'incorporation de bitume dans le béton de sciure de façon à augmenter sa tenue à l'eau.

3° Fabrication de portes massives.

Il s'agit là de fabriquer des portes planes moulées en béton de sciure, de manière à avoir, malgré l'emploi de ciment, un élément relativement léger et maniable.

4° Briques légères clouables.

Celles-ci ont été déjà utilisées aux U. S. A. où l'on produit aussi des panneaux préfabriqués de béton léger.

Ces quelques exemples montrent que les bétons de sciure sont susceptibles d'applications nombreuses et variées. Examinons leurs avantages et leurs inconvénients.

Ils possèdent sur les autres bétons légers, qu'ils soient à base de pouzzolane, de ciments de laitier, d'argile cuite expansée, etc., la supériorité d'utiliser une matière première, la sciure, abondante en tous lieux.

Les reproches que l'on peut leur faire sont les suivants. Il est nécessaire, pour les confectionner, d'utiliser certaines sciures sélectionnées. Seules les sciures des bois ne contenant pas de tanins donneraient de bons résultats.

Il faut ensuite que les sciures aient une finesse régulière, d'où la nécessité d'un tamisage. Les particules trop fines ou trop grasses sont à éliminer. Mais le plus gros reproche fait aux bétons de sciure est leur forte *rétrac-tibilité*.

Celle-ci, due à la facilité de la cellulose d'absorber ou d'évaporer l'eau suivant l'état hygrométrique ambiant est difficilement évitable. On peut seulement la diminuer par exemple en incorporant du sable au béton, ce qui augmente la densité et diminue l'aptitude au clouage.

Essais au laboratoire.

Toutes ces considérations nous ont amenés à faire des essais de béton de sciures au moyen de sciures préalablement traitées.

Nous avons utilisé dans ce but le *silicate de soude* et des *émulsions de bitume*.

Nous parlerons ici surtout de notre procédé au bitume plus intéressant que le procédé au silicate.

Nous avons pris comme formule de base une formule du Laboratoire des produits forestiers de Melbourne dans laquelle nous avons fait entrer de la sciure de hêtre :

A	{ Eau	150 cm ³
	{ Sciure de hêtre humidité 15 %	1 250 cm ³
	{ Ciment Portland	500 cm ³
B : Émulsion de bitume à rupture lente.....		200 cm ³
C	{ Chaux vive	118 g
	{ Eau	450 cm ³
	{ Chlorure de calcium	16 g

Les produits ont été incorporés dans l'ordre A, B, C.

Rappelons en passant que le chlorure de calcium joue le rôle d'accélérateur de prise. Quant à la chaux elle plastifie le mélange.

Un tel béton nous a donné 28 j après fabrication une résistance à la flexion de 15 kg/cm² (un bon béton normal en donne 30) et une dureté (mesure effectuée au demi-cylindre) comparable à celle du chêne. La tenue à l'eau était bonne. La densité assez faible de l'ordre de 1 (au lieu de 1,9 environ pour un béton classique).

Sur ce béton, nous avons essayé de faire quelques assemblages par clouage. Malheureusement, l'aptitude au clouage ne paraît pas excellente. D'autre part l'émulsion de bitume employée formait des grumeaux qui nuisaient à l'homogénéité de la masse.

Nous avons donc essayé, pour remédier à ces deux inconvénients, d'augmenter la proportion de sciure et d'utiliser des émulsions de bitume à rupture encore plus lente. D'autre part il nous a paru plus logique d'incorporer l'émulsion de bitume directement dans la sciure légèrement diluée avant le ciment et la chaux. Nous avons constaté que la quantité d'eau totale nécessaire pour effectuer le mélange était beaucoup plus faible dans ce dernier cas. Néanmoins nous ne sommes toujours pas arrivés à éliminer les grumeaux.

En ce qui concerne la clouabilité, nous avons observé un phénomène assez curieux et d'ailleurs général pour les bétons de sciure. La tenue au clou est maximum quelques jours après fabrication quand le béton est encore un peu humide. Par contre quand le béton est devenu sec, il se fend sous l'action du clou.

Nous nous sommes finalement arrêtés à la formule suivante :

A	{ Eau	150 cm ³
	{ Sciure de hêtre humidité 15 %	1 250 cm ³
	{ Émulsion de bitume à rupture très lente.	200 cm ³
B : Ciment Portland		500 cm ³

C	{ Chaux vive.....	118 g
	{ Eau	200 cm ³
	{ Chlorure de calcium	16 g
D : Eau		100 cm ³

Les éléments ont été incorporés dans l'ordre indiqué.

C'est là, pour le moment, le béton qui nous a donné les résultats les plus encourageants. Mais il n'en reste pas moins qu'ils ne sont pas encore tout à fait satisfaisants et qu'ils ont besoin d'être améliorés sur de nombreux points.

Notons, parmi les questions à examiner les suivantes :

— Influence de la nature et de la granulométrie de la sciure;

— Influence de l'émulsion de bitume sur la rétractibilité du matériau et sur son module d'élasticité.

Nous avons d'ailleurs l'intention de continuer cette étude en collaboration avec les chercheurs des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics qui connaissent bien les questions du bitume et qui ont déjà travaillé à plusieurs reprises la question des bétons légers.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

Vous venez de souligner par vos applaudissements tout l'intérêt que vous avez porté à l'exposé que vient de faire M. CAMPREDON. Je suis certain d'être votre interprète à tous en l'en remerciant tout particulièrement et en le félicitant pour sa conférence qui nous ouvre la voie vers de nouveaux progrès et vers des techniques toujours plus modernes.

Suivant la tradition, je donnerai maintenant la parole aux auditeurs qui auraient des questions à poser à l'orateur, des éclaircissements à lui demander, ou des suggestions à présenter au sujet de la conférence que nous venons d'entendre.

DISCUSSION

M. VALLETTE. — Les résultats des assemblages collés que vous venez de nous indiquer semblent être une révélation. Je voudrais savoir s'il y a eu des essais dans les autres pays dans le sens de ceux que vous avez poursuivis, avec assemblages collés à fils croisés, car jusqu'à présent j'avais vécu sur cette idée que l'assemblage collé était viable dans les charpentes et ce que vous avez dit semble nouveau.

M. CAMPREDON. — Les Suisses ont réalisé des essais au Laboratoire de Zurich, mais uniquement sur pièces à fils parallèles, et leur opinion est qu'on ne peut pas faire de collages à fils croisés. Mais cela n'a pas été étayé par des essais : nous avons voulu voir si la théorie était valable, si on pouvait faire oui ou non des charpentes à fils croisés; nous étions assez sceptiques, et les essais semblent prouver que c'est extrêmement difficile.

M. VALLETTE. — Les Suisses avaient déjà pris parti.

M. CAMPREDON. — Oui. Quand nous avons voulu faire des essais, ils nous ont dit : c'est extrêmement difficile, les joints de collage sont petits, il faut avoir des plaques extrêmement larges; il faut des planches et non des pièces épaisses; il faut faire attention aux variations de dimensions des bois puisque les fils sont croisés. Nous sommes partis là-dessus et l'opinion des Suisses semble s'être vérifiée. Je ne connais pas non plus en Amérique de réalisations de charpentes collées à fils croisés. Tous les exemples que nous avons sont des poutres lamellées, des charpentes en arc, faites de plaques lamellées parallèles.

UN AUDITEUR. — Quelles sont les caractéristiques de la colle que vous avez employée dans vos essais?

M. CAMPREDON. — Actuellement, en France, au point de vue colles à l'urée nous avons deux sources d'approvisionnement : la colle Caurite qui est fabriquée par KUHLMANN et la colle Mélocol importée de Suisse par SAINT-GOBAIN. Il y a la Mélocol H et la Mélocol M, plus résistante pour

certains usages, plus chère et résistant mieux à l'humidité. En ce qui concerne ces questions de colle, nous sommes à votre disposition au Laboratoire pour répondre à toutes vos questions.

UN AUDITEUR. — Il n'y a pas d'autres colles sur le marché?

M. CAMPREDON. — En France, non; comme colles à l'urée-formol nous n'avons que les deux sources d'approvisionnement que je vous ai citées.

UN AUDITEUR. — Est-ce que les Américains n'ont pas obtenu des résultats étonnants?

M. CAMPREDON. — Ils ont des colles à la *mélamine*, à la *résorcine*, elles sont beaucoup plus chères et plus rares.

UN AUDITEUR. — Pendant l'occupation, les Allemands avaient introduit un type de charpente clouée, est-ce qu'on l'utilise encore et quel serait l'avantage de ce type de charpente?

M. CAMPREDON. — La charpente clouée est courante en France. Nous avons même des normes, des règles de construction pour les assemblages cloués. C'est en France que la charpente clouée a vu le jour. Je peux vous citer de grandes réalisations telles que : les cintres de FREYSSINET, d'Orly ou de Plougastel. La France était à ce moment-là à l'avant-garde.

UN AUDITEUR. — Ces charpentes étaient-elles constituées par des planchettes?

M. CAMPREDON. — Planches ou planchettes. On a tendance à utiliser le clouage pour des charpentes à éléments minces parce que c'est plus facile, mais les réalisations dont je vous ai parlé, les cintres d'Orly étaient faits de madriers, ou planches épaisses.

TECHNIQUE GÉNÉRALE DE LA CONSTRUCTION, N° 7

ÉTUDE DES DÉTÉRIORATIONS DES PIERRES
DES MONUMENTS HISTORIQUES

DEUX RAPPORTS PRÉSENTÉS A LA DIRECTION
DES MONUMENTS HISTORIQUES DE FRANCE

Par **MM. J. BOURCART**, Professeur de Géologie dynamique à la Faculté des Sciences de Paris;

J. NOETZLIN, du Centre National de la Recherche Scientifique;

le docteur POCHON, Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur;

Mlle S. BERTHELIER, Sous-Directeur de l'Office de Documentation des Monuments Historiques.

SOMMAIRE

	Pages.
INTRODUCTION.....	3
Rapport de MM. BOURCART, NOETZLIN, POCHON	4
Rapport de Mlle Simone BERTHELIER	10

RÉSUMÉ

Une étude systématique a été entreprise d'un type de détérioration fréquemment observé sur les constructions en pierre de taille dans les climats tempérés et moyennement humides de l'Europe de l'Ouest.

Cette détérioration s'observe aussi bien dans les campagnes que dans les villes, mais elle paraît se développer beaucoup plus rapidement dans les atmosphères contaminées par des fumées industrielles ou domestiques.

La détérioration consiste en une transformation du carbonate de calcium en sulfate. Elle s'attaque plus particulièrement à la masse calcaire qui, dans une pierre, cimente entre eux les grains cristallins de calcite. Ceux-ci, détachés les uns des autres, sont moins attaqués et subsistent, formant une poudre sans cohérence.

Le siège de l'attaque est la couche encore superficielle qui se trouve immédiatement sous le calcin. Il se forme ainsi une zone faible, dans laquelle le sulfate de calcium cristallise sous forme de gypse. Ceci produit un gonflement qui, agissant à la manière d'un coin, fait progresser la détérioration, soulevant de grandes écailles de pierre encore saine, qui finissent par tomber d'elles-mêmes.

La réaction, étant ionique, ne se produit qu'en milieu aqueux. Elle est donc limitée aux pierres imbibées d'eau et suit strictement la propagation de l'humidité dans les murs et les sculptures. La distribution de cette humidité, dont l'ascension est due à la capillarité, est régie par les conditions d'évaporation en surface, telles que exposition au soleil, au vent, formes géométriques, etc... Ce sont donc ces conditions qui déterminent également les zones de plus ou moins grande activité de la détérioration.

Mais ce n'est pas un apport direct, souvent problématique, d'ions sulfuriques en solution dans l'eau de pluie qui peut rendre compte, dans la plupart des cas, de la détérioration. Il y faut une accumulation d'eau chargée de sels, telle qu'elle se produit dans le sol et peut aussi se produire accessoirement dans les parties plates des édifices, terrasses, bandeaux, corniches, ou encore là où une conduite d'eau a crevé dans un mur.

Un cycle d'oxydo-réduction se déroule alors, pendant que, lentement, cette eau est pompée par capillarité dans les pierres et finalement évaporée en surface. L'eau de pluie, indiscutablement minéralisée mais à faible dose, se concentre dans le sol et s'y charge de sels. Les bactéries anaérobies bien connues qui y sont toujours présentes réduisent ces sels plus ou moins complètement. C'est donc une solution plus concentrée et réductrice qui envahit les pierres humides. On ne constate pas de détériorations sur son parcours.

Mais, arrivée à la fin de son trajet dans la pierre et attirée vers la surface par l'évaporation à travers les fines fissures du calcin, elle séjourne alors sous ce dernier et est envahie par une flore de bactéries nouvellement découvertes par l'un de nous. Celles-ci sont aérobies, oxydantes et autotrophes. Sans vouloir affirmer que leur rôle soit absolument nécessaire, il nous paraît déterminant dans le cas normal tel qu'il est décrit ici.

Les anions ramenés à l'état sulfurique par l'action de catalyse de ces bactéries s'échangent alors par double décomposition avec les ions carboniques dont l'eau s'est lentement saturée. La différence de solubilité entre carbonate et sulfate de calcium empêche la réaction de s'équilibrer et la dislocation de la pierre sous l'effet de la cristallisation du gypse formé est l'ultime résultat de ce cycle.

Une série d'expériences faites en vue de vérifier les différentes phases de ce mécanisme sont décrites avec leurs données numériques. Ces expériences sont continuées actuellement en vue de mieux connaître le phénomène et d'étudier les moyens de le contraindre. Une étude directe de la détérioration sur des monuments situés dans diverses régions de France est enfin présentée. L'observation des faits in situ confirme, dans les cas les plus variés, l'interprétation qui en est proposée dans le premier rapport.

SUMMARY

A systematic study has been made of a type of decay frequently found in stone buildings in Western Europe, where there is a temperate, fairly humid climate.

This form of decay occurs in the country as well as the town, but it obviously develops much more rapidly in atmospheres polluted by industrial or domestic smoke.

Decay results from the conversion of calcium carbonate into sulphate. It affects especially the calcareous mass which binds together the calcite crystals in stone. Once the particles of calcite have been separated from each other, they are less subject to attack and remain as a loose, powdery mass.

Decay begins in the layer near the surface directly beneath the skin. This means that a vulnerable region is formed where calcium sulphate crystallizes into gypsum. This causes swelling, which acts as a wedge and accelerates decay by forcing up large pieces of stone which is still intact, which eventually fall off of their own accord.

As the reaction is ionic, it only takes place when water is present. It is therefore confined to stone in contact with water and is analogous to the spread of moisture in walls and in sculptures. The rise of moisture is due to capillarity and its distribution is governed by the conditions of surface evaporation, such as exposure to the sun and wind, geometrical shape, etc. These conditions also determine the extent to which each zone is liable to decay.

The sulphuric ions in solution in rainwater are rarely directly responsible for decay. There must be an accumulation of water saturated with salts such as forms in the soil or possibly on flat surfaces in buildings, on terraces, plain mouldings or cornices, or where a water pipe has burst in a wall.

An oxide-reducins cycle is then set in motion, the water being slowly pumped by capillarity into the stone and finally evaporating on the surface. Rainwater, which is definitely, though only slightly, mineralized, concentrates in the soil and becomes saturated with salts. The well-known anaerobic bacteria which are always present reduce these salts more or less completely, so that the solution which attacks damp stone is more concentrated and destructive. Decay occurring in the circuit of the solution is not noted.

Having completed its circuit through the stone, where it is drawn towards the surface by evaporation through fine cracks in the skin, the solution remains under the latter and is attacked by bacteria which have recently been discovered by one of us. They are aerobic, oxidising and autotrophic. Without wishing to affirm that they play an indispensable part, it seems to us to be a decisive one in a normal case such as the one which is described here.

The anions which are made sulphuric by the catalytic action of the bacteria are then exchanged by a double decomposition with the carbon ions with which the water has gradually become saturated. The difference in solubility between calcium carbonate and calcium sulphate hinders a balanced reaction, with the result that the gypsum which is formed crystallizes and the stone eventually crumbles.

A series of experiments which were made with the aim of verifying the different phases of the mechanism are described, and numerical data given. The experiments are still being carried out in the hope of discovering more about the phenomenon and the means of counteracting it. The last paper describes an examination of monuments situated in various districts of France. Field surveys of various cases confirm the interpretation put forward in the first report.

INTRODUCTION

En juillet 1945, la Direction des Monuments Historiques et le Centre National de la Recherche Scientifique, deux organismes du Ministère de l'Education Nationale, ont constitué une commission mixte, destinée à aider les conservateurs des monuments historiques dans leur tâche, lorsque celle-ci nécessite un recours à des techniques étrangères à leur formation d'architectes.

Cette commission, nommée « Commission de la pierre », est présidée par le Directeur des Monuments Historiques, qui invite à participer à ses travaux les personnes, les plus susceptibles par leurs connaissances particulières d'y collaborer utilement. Ce sont d'une part les inspecteurs généraux des monuments historiques, d'autre part des personnalités du monde scientifique, du Centre National de la Recherche Scientifique, de l'Enseignement, ou de toute autre origine, enfin des praticiens de la construction et des carriers. A chaque nouveau problème qui se pose, les compétences spéciales sont recherchées et leur collaboration sollicitée; il s'est toutefois constitué à l'usage un groupe restreint qui reste à la disposition du Directeur des Monuments Historiques pour le guider dans le choix de ses invitations.

La Direction des Monuments Historiques et le Centre National de la Recherche Scientifique supportent à frais communs les dépenses de la commission: subventions accordées à des recherches de laboratoire, déplacements, etc...

La commission rend compte périodiquement de ses activités aux deux organismes dont elle relève et leur adresse des rapports sur les problèmes qui lui sont soumis.

Son travail est conçu dans un esprit rigoureusement scientifique. Il n'est donc pas question d'interférer avec les divers services techniques qui fonctionnent aux Monuments Historiques. Ceux-ci mettent en pratique des méthodes éprouvées. Mais l'expérience a montré, dans tous les pays, qu'on se heurte, lorsqu'il s'agit de conserver et de présenter au mieux les éléments si divers du patrimoine artistique d'un pays de vieille civilisation, à des phénomènes dont la variété et l'ampleur justifient une étude systématique et prolongée. Celle-ci sera dirigée en vue de fournir un critérium dans le choix des remèdes proposés et de susciter, le cas échéant, l'invention de méthodes et de techniques nouvelles.

Dès la première séance de la commission, des problèmes nombreux et divers ont été posés par les inspecteurs des Monuments Historiques à leurs collègues scientifiques. Ceux-ci, disposant de trop peu de temps, ont dû faire un choix. Ils se sont d'abord attaqués à celui des détériorations que subissent en très grande majorité nos monuments de pierre de taille dans le climat tempéré et moyennement humide qui règne dans presque tout le pays.

Ce sont les conclusions d'une étude de deux ans sur cette question d'intérêt général qui sont publiées ici.

RAPPORT DE MM. BOURCART, NOETZLIN, POCHON

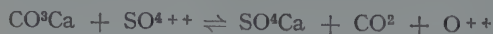
Une étude systématique entreprise depuis deux ans sur le mécanisme des détériorations superficielles subies par les monuments en pierre de taille a mené aux constatations suivantes :

1^o La détérioration s'attaque aux monuments les plus variés, construits en calcaires de toutes provenances, sauf en travertin. Le marbre, dès qu'il n'est pas parfaitement poli, n'est pas exempt. Géographiquement, la seule région où ce type de détérioration ne se rencontre pas est la zone de climat méditerranéen (Provence).

Contrairement à ce qui a été fréquemment admis, la détérioration ne se produit pas seulement en atmosphère souillée par les fumées industrielles et domestiques d'une grande agglomération. Les églises de campagne dans les villages éloignés de toute usine, la subissent également. Mais le phénomène se développe en ville à une vitesse beaucoup plus grande qu'à la campagne. Des détériorations ont pu être constatées à Paris sur des restaurations faites par VIOLLET-LE-DUC, aussi étendues et aussi profondes que sur des constructions datant du xv^e et du xvi^e siècle dans des églises de campagne.

2^o La détérioration de la pierre consiste en la transformation d'une partie de son carbonate de calcium en sulfate de calcium (gypse). On constate la présence en surface d'une couche dure, étanche et mince, sous laquelle s'étend une zone dans laquelle la pierre se résout en une poudre jaunâtre, friable. Les zones détériorées, d'une épaisseur de quelques centimètres, s'étendent en plaques difformes, souvent oblongues, qui peuvent atteindre des dimensions de 30 à 50 cm. Le morceau finit par tomber de lui-même.

3^o La réaction s'écrit :



Cette réaction, étant ionique, n'a lieu qu'en solution aqueuse. Or, si on néglige la considération du pH de l'eau, la solubilité du carbonate de calcium est très faible, d'environ 0,015 g/l d'eau; alors que la solubilité du sulfate de calcium est d'environ 2,4 g/l d'eau.

Considérons une pierre imbibée d'une eau tenant en solution des sulfates. Cette eau dissoudra du carbonate

de calcium, s'attaquant de préférence aux microcristaux qui jouent le rôle de ciment entre les cristaux de calcite. Elle se saturera donc rapidement en carbonate qui, sans être aussi fortement ionisé que les sulfates, le sera tout de même quelque peu.

Les ions SO_4^{++} déplaceront alors les ions CO_3^{++} , de nouvelles portions de carbonate de calcium se dissoudront et la réaction se poursuivra en sens unique, résultant finalement en une mise en solution d'une partie de la pierre dans l'eau acide, en premier lieu de ce ciment qui enrobait les cristaux de calcite et faisait la solidité de la pierre.

4^o Il faut maintenant replacer cette réaction locale et simple d'apparence dans le cycle parcouru par l'eau à l'intérieur d'une construction en pierre. Nous considérerons pour plus de simplicité un mur sans soubassement spécial et admettrons que le flux d'eau se déplace verticalement, ce qui nous permettra plus loin de rapporter nos calculs à une largeur courante de 1 m de mur.

L'une des constatations les plus nettes qu'il soit permis de faire est que la détérioration accompagne l'humidité dans le mur et cesse là où il est sec. Ainsi, partant d'un niveau où il y a une réserve d'eau, en particulier du sol, l'humidité et les plaques détériorées s'élèvent jusqu'à une altitude bien nette, marquée par une frontière horizontale au-dessus de laquelle on ne constate plus rien, jusqu'à ce qu'un replat, une terrasse, ou quelque accident constitue une nouvelle source d'humidité, à partir de laquelle le phénomène se reproduit.

Or, le mécanisme d'ascension de l'eau n'est pas simplement régi par la capillarité. Celle-ci ne fait que soulever l'eau dans la pierre. Mais un mur exposé à l'air libre est, dans son ensemble, un véritable dispositif de pompage de l'humidité contenue dans la terre à son pied. Cette eau imbibe lentement le mur, par capillarité. Mais, au-dessus du sol, les innombrables fissures présentes dans le calcaire naturel qui habille la surface latérale du mur permettent, si petites qu'elles puissent être, à cette eau de s'évaporer, ce qui en attire de nouvelles portions venant de l'intérieur, de sorte qu'un flux d'eau régulier prend naissance à travers la pierre. La capillarité fournit la force ascensionnelle, mais le débit et, en fin de compte, l'altitude maximum atteinte en une

région du mur sont réglées par l'intensité de l'évaporation à la surface. En outre, le flux étant dirigé vers cette surface, la zone humide du mur ne dépassera guère une épaisseur de quelques centimètres : c'est bien dans cette zone que, là où les conditions locales seront réalisées, naîtront les détériorations que nous étudions.

Mais si nous cessons de considérer un mur vertical nu pour envisager un monument réel ou une sculpture, l'intensité de l'aspiration variera avec les formes, devenant maxima aux arêtes et à toutes les saillies, minima, au contraire, dans les creux et les angles rentrants. Aussi verra-t-on la limite haute de la zone humide remonter aux arêtes et redescendre dans les angles rentrants, par rapport à son niveau moyen sur la face du mur. De même l'humidité convergera dans toutes les saillies des sculptures, délaissant les creux. Enfin, si nous considérons les différents murs d'un même édifice, leurs orientations différentes entraîneront pour chacun d'eux des intensités d'évaporation différentes, et par conséquent des degrés d'humidité différents. On constate toujours que les détériorations suivent fidèlement ces variations dans le degré d'humidité de la pierre.

5° D'autre part, la montée de l'eau dans un mur ne s'accomplit pas instantanément. Dans une pierre de taille typique, la vitesse de montée de l'eau par capillarité pure a été mesurée à environ 2,5 cm/mn. Mais arrivée dans la zone d'évaporation, son évolution sera encore plus lente. On voit donc que l'eau venue du sol séjournera un certain temps au sein de la pierre et que la réaction écrite plus haut pourra s'y produire si cette eau contient des sulfates en solution. Après quoi l'eau achèvera son trajet en aboutissant à la surface du mur. Elle s'évaporerait alors par toutes les fissures de cette surface, sous laquelle elle se trouvera donc rapidement saturée en sels, particulièrement en sulfate de calcium.

Il se créera donc une zone, immédiatement sous la surface et plus particulièrement autour de chaque fissure de cette surface, dans laquelle l'eau sera sursaturée en sulfate de calcium. Celui-ci se déposera, cristallisant avec deux molécules d'eau, sous forme de gypse. Ces cristaux sont volumineux, ils produiront un gonflement, écartant ainsi de la masse de la pierre la croûte sous laquelle ils se seront déposés. C'est à cet effet de coin qu'il faut attribuer la progression de la détérioration et, en fin de compte, le soulèvement de grandes plaques, pouvant atteindre 1 m de long, comme on l'a vu sur des corniches de monuments funéraires. De nouvelles surfaces seront ainsi offertes à l'air et le mécanisme se propagera à l'intérieur de la masse de pierre.

En conclusion, la nécessité, pour cette réaction ionique, d'un milieu aqueux, la capillarité et l'évaporation par les surfaces à l'air libre rendant compte de la montée de l'eau dans les murs, il y avait lieu, d'abord, de s'assurer de la présence d'ions sulfuriques dans l'eau et de contrôler que la teneur qu'on pouvait raisonnablement prévoir pour ces ions correspondait bien aux masses de pierre sulfatées. Les mesures et les calculs présentés plus loin sont concluants à cet égard.

6° Mais pour comprendre complètement le phénomène, il faut maintenant en présenter un aspect tout à fait original, qui est son aspect bactériologique. Il est clair

que les diversités de forme des motifs architecturaux et sculpturaux d'une part, l'irrégularité du réseau de fissures qui parcourt le calcin de la pierre d'autre part peuvent être rendus responsables de la distribution des détériorations sur un mur. Mais l'observation fait ressortir l'existence d'un autre facteur déterminant.

La détérioration se présente, en effet, sur un monument comme une sorte de lèpre, surgissant par plaques isolées les unes des autres, disposées d'une façon très capricieuse. Le phénomène physico-chimique qui vient d'être décrit ne rend pas compte de toute l'histoire et il y a une cause de plus, qui paraît bien intervenir nécessairement, imposant à la détérioration sa propre distribution locale.

Les expériences exécutées par le docteur POCHON pendant ces deux années ont démontré la présence constante dans la substance des pierres détériorées de bactéries ignorées jusque là et dont le caractère particulier est d'oxyder les sulfures et les hyposulfites en sulfates. Ces bactéries vivent en milieu aqueux, ce qui s'accorde bien avec ce que nous avons déjà constaté pour la détérioration des pierres. Elles sont autotrophes, c'est-à-dire qu'elles dérivent l'énergie nécessaire à leur vie des réactions d'oxydation qu'elles catalysent, car ces réactions sont exoénergétiques. Leur existence est donc conditionnée par ces réactions et, réciproquement, la présence de colonies florissantes de ces bactéries dans un milieu permet d'en inférer la présence de sulfures ou d'hyposulfites en cours d'oxydation.

Effectivement, un morceau de pierre ne portant aucune trace de détérioration, perfusé d'un liquide contenant de l'hydrogène sulfuré ou des hyposulfites et ensemencé d'un fragment de pierre détériorée devient le siège de l'activité spéciale de nos bactéries. Non seulement peut-on doser chimiquement du sulfate de calcium dans le liquide de perfusion recueilli, mais il a même été possible, après dessiccation lente de portions de ce liquide, de caractériser par l'analyse aux rayons X la présence de cristaux de gypse dans le résidu solide [3] (1). Au contraire, en l'absence de fragments de pierre détériorée d'une part et d'hydrogène sulfuré de l'autre, le sulfate n'apparaît pas.

De l'ensemble de ces expériences, résumées en trois communications à l'Académie des Sciences [1, 2, 3] il ressort que la détérioration des pierres est liée, indiscutablement encore que d'une manière qui reste à préciser, à l'activité des bactéries découvertes par le docteur POCHON.

Il est à remarquer en premier lieu que la réaction même de sulfatation, en quoi consiste en fin de compte la détérioration, produit de l'oxygène à l'état naissant, c'est-à-dire justement ce qui peut le mieux convenir à alimenter la réaction spécifique de nos bactéries. Celles-ci trouveront donc là un milieu particulièrement favorable à leur vie.

Mais ce n'est pas l'oxygène naissant qui leur est indis-

(1) Les chiffres placés entre [] se rapportent aux références bibliographiques données *in fine*.

pensable, ce sont les sulfures et les hyposulfites. Or, les analyses d'eau de pluie ne révèlent pas, même en ville, de quantités appréciables de sulfures, encore moins d'hydrogène sulfuré libre. Par contre, on y trouve des teneurs, variables suivant les auteurs mais toujours dosables et même considérables en ville, d'anhydride sulfureux ou d'anhydride sulfurique, ou des deux.

7° Ici se place un cas particulier assez répandu qui a été étudié par le professeur BOURCART [4]. De nombreuses pierres de construction contiennent de la pyrite, c'est-à-dire du sulfure de fer, très dispersée dans la masse à l'état de microcristaux. C'est le cas, en particulier, des tuffeaux abondamment utilisés pour la construction en Touraine et en Anjou, qui en présentent des teneurs de l'ordre de 0,35 % et qui sont très sujets à la détérioration. De pareilles teneurs dans la pierre sont loin de suffire, nous le verrons plus loin, pour rendre compte de l'ensemble du phénomène de détérioration de la pierre, mais il paraît très probable que chaque grain de pyrite constituera un centre de départ pour la réaction, ce qui pourrait être en corrélation, avec le fait qu'il fournirait l'aliment nécessaire à l'activité des bactéries. D'une manière générale, on constate que la présence de sulfure de fer, ou même d'oxyde de fer, favorise la détérioration.

8° Ceci dit, revenons-en au problème général. Nous savons que l'eau de pluie contient des sulfates et des sulfites. Ajoutons qu'une eau non minéralisée, traversant une épaisseur de l'ordre de 1 m de sol, dépouillera en grande partie cette terre de ses sels minéraux et en particulier en ressortira chargée en sulfates. Il semble donc que ce qu'un mur pompe dans le sol par son pied soit une eau chargée en sulfates et en sulfites. Et de même ce sont des sulfates qui, à la dernière étape de notre cycle, détériorent la pierre. Mais nous savons aussi que la présence de la flore bactérienne du docteur POCHON implique la présence de sulfures et d'hyposulfites en voie d'oxydation.

La solution de ce problème paraît se trouver dans l'existence bien connue d'une flore bactérienne dont l'activité catalytique est inverse de la précédente : ce sont les bactéries réductrices tout à fait banales qu'on rencontre partout dans le sol et aussi dans les pierres et qui ramènent les sels minéraux oxydés à des états moins oxydés ou même les réduisent complètement. Nous sommes donc amenés à inférer l'existence, au sein du cycle de l'eau, d'un cycle d'oxydo-réduction de certains sels minéraux.

Voici d'abord le cycle de l'eau : L'eau de pluie tombe dans le sol, ou sur les toits, terrasses, retables des monuments. Partout où elle peut s'écouler librement, sur la surface d'un mur ou par un système de gouttières non obstruées, elle n'a pas d'action chimique. D'un niveau, au contraire, où elle s'est arrêtée, elle est pompée lentement vers le haut, à travers la pierre poreuse, y séjourne assez longuement et retourne finalement à l'atmosphère par évaporation à la surface des murs et sur toutes les saillies.

Et voici maintenant le cycle chimique qui s'y insère : Cette eau, lorsqu'elle s'abat sur le sol sous forme de pluie, contient des sels à l'état oxydé ou peroxydé. Elle en

récolte d'autres pendant son séjour dans le sol. Mais, en même temps, que ce soit dans le sol ou dans la pierre des édifices, c'est le point qui reste en suspens, elle doit passer par un stade de réduction, par catalyse bactérienne. Ce stade est le seul dont l'existence n'a pas encore été expérimentalement démontré dans notre cas, mais par contre l'existence des bactéries réductrices est de connaissance courante.

Enfin le cycle chimique se ferme par l'action des bactéries du docteur POCHON, au niveau de l'évaporation de l'eau à la surface de la pierre. Celles-ci réoxydent les sels partiellement ou totalement réduits véhiculés par l'eau; en particulier les sulfures et les hyposulfites sont réoxydés en sulfates, lesquels réagissent sur place avec le carbonate de calcium dont l'eau s'est saturé pendant son voyage à travers la pierre. Le dégagement d'oxygène actif auquel donne lieu cette réaction fournit, sur place aussi, l'oxygène nécessaire aux réactions vitales de nos bactéries et le cycle chimique se ferme ainsi avec création du sulfate de calcium que l'eau abandonne ensuite en s'évaporant, c'est-à-dire justement là où sa cristallisation cause des ravages mécaniques en désagrégeant la pierre.

Le mécanisme complet de notre phénomène serait donc, comme il arrive souvent dans la nature, plus complexe qu'on ne l'aperçoit à première vue. Nous nous trouverions en présence d'un cycle tout à fait parallèle à celui qui a été reconnu déjà dans le sol. Il y aurait une succession de deux réactions en sens inverse, chacune catalysée par une famille différente de bactéries, et les conditions de vie que leur offrent les différents milieux traversés détermineraient les niveaux auxquels se localiseraient ces deux flores et par conséquent les deux stades de l'évolution chimique. Les bactéries réductrices, qui sont anaérobies, vivent dans la masse du sol ou de la pierre. Les bactéries oxydantes, au contraire, sont aérobies; elles ne peuvent donc vivre qu'en présence d'oxygène, dans les fissures issues de la surface. Les expériences du docteur POCHON montrent qu'elles sont étroitement associées au stade de la sulfatation du carbonate de calcium, qui se localise dans la couche superficielle du mur.

Aussi voit-on que la répartition des zones détériorées sur un monument ne se déduit pas entièrement de l'application des lois, assez simples somme toute, de l'aspiration de l'eau à travers la pierre, plus ou moins énergique suivant les possibilités d'évaporation (exposition de la paroi, saillies ou rentrées, etc.). A l'examen des cas concrets il apparaît vite que la lenteur du déplacement de l'eau est favorable et même nécessaire au développement de grandes plaques. On a l'impression que cela se passe en eau stagnante, où des colonies bactériennes se développeraient au hasard de l'ensemencement.

Par contre les mousses et les algues se rencontrent rarement associées à ce type de détérioration. Mais celle-ci ne se produira jamais sur une surface abondamment lavée par la pluie et par le vent. Les conditions nécessaires à la vie des microorganismes n'y sont évidemment pas réalisées.

9° La reconstitution du mécanisme de la détériora-

tion des pierres nous paraît donc, en ce qui concerne sa partie bactériologique, solidement fondée sur la série d'expériences réalisées par le docteur Pochon. Il lui reste néanmoins à déceler *in situ* le stade de réduction comme il a réussi à le faire pour le stade d'oxydation.

En ce qui concerne l'évolution physico-chimique, le contrôle quantitatif était plus facile. C'est ce que nous allons présenter maintenant, dans des calculs qui, bien entendu, ne visent qu'à déterminer des ordres de grandeur.

Soit donc un mur vertical, supposé dépourvu de relief. Nous supposons encore que le flux d'eau y est vertical et ne considérerons donc de ce mur qu'une longueur de 1 m. Toutes nos données seront rapportées à 1 m courant.

D'après les constatations faites sur des cas concrets, nous attribuerons à la hauteur maxima à laquelle monte l'eau, une valeur de 3 m.

La surface latérale que notre mètre courant de mur présentera à l'évaporation sera donc de : 3 m².

Admettons maintenant que la détérioration sera complète lorsque la sulfatation aura intéressé 50 % de la masse de la pierre sur toute l'épaisseur dans laquelle elle se produit effectivement, et attribuons à cette épaisseur, d'après les constatations faites sur des cas concrets, une valeur de : 3 cm.

Cela fait que le volume de pierre intéressé par mètre courant de mur est de :

$$- 3 \times 30\,000 = 90\,000 \text{ cm}^3$$

dont 50 % seraient intégralement transformés en sulfate, soit :

$$45\,000 \text{ cm}^3.$$

Si nous attribuons enfin à notre pierre une densité de 1,5 la masse de pierre intégralement transformée en sulfate serait, par mètre courant :

$$1,5 \times 45\,000 = 67\,500 \text{ g} = 67,5 \text{ kg}.$$

Or, le poids moléculaire du carbonate de calcium est de 100. Pour l'ion sulfurique, nous devons prendre le poids moléculaire d'un sulfate. Choisissons l'un des plus courants, le sulfate de sodium : son poids moléculaire est de 142.

Mais si le flux d'eau a apporté des sulfures et non des sulfates il faut faire intervenir le sulfure de sodium, dont le poids est de 78.

On voit que, pour une transformation de 100 g de carbonate, le flux d'eau aura dû amener au maximum 142 g et au minimum 78 g de réactif, c'est-à-dire qu'au total, pour transformer 67,5 kg de pierre, la masse de sels transportés par le flux d'eau aura été

$$\begin{aligned} &\text{au maximum de : } 67,5 \times 1,42 = 94,85 \text{ kg.} \\ &\text{et au minimum de : } 67,5 \times 0,78 = 52,65 \text{ kg.} \end{aligned}$$

En fait, nous considérerons que cette masse aura été comprise entre 50 et 100 kg.

Ici se place la distinction introduite par la considérable différence de vitesse d'évolution du phénomène, suivant qu'il se produit à la ville ou à la campagne.

Nous admettons que la même détérioration que nous avons qualifiée de complète, c'est-à-dire la sulfatation de la pierre à 50 % dans sa portion attaquée, se produit à la campagne en quatre siècles et en ville en un demi-siècle.

10° Traitons d'abord le cas de la détérioration à la campagne :

Il est clair que l'intensité instantanée de l'évaporation de l'eau à la surface du mur dépend de l'insolation, du degré hygrométrique de l'air, du vent, en un mot du climat. Pour pouvoir raisonner sur une valeur moyenne qui nous débarrasse des variations saisonnières, nous considérerons donc le flux d'eau total débité par notre mètre courant de mur pendant un an.

Si nous admettons encore que les mêmes valeurs se sont reproduites en moyenne tous les ans pendant quatre siècles, nous serons amenés à attribuer à la masse totale de sels transportés par le flux d'eau pendant un an une valeur de :

$$\frac{50}{400} \text{ kg} = 125 \text{ g s'il s'agit de sulfures,}$$

et de

$$\frac{100}{400} \text{ kg} = 250 \text{ g s'il s'agit de sulfates,}$$

et, plus probablement, en fait, une combinaison intermédiaire des deux.

En face de cette valeur, nous devons placer maintenant le volume d'eau qui aura, pendant la même durée d'un an, traversé le mur. Nous arriverons ainsi en fin de compte à évaluer la teneur en sels de l'eau aspirée dans le mur.

Or, un mur pompe l'eau du sol à son pied avec une intensité qui dépend de la distance. Tout près du mur, la surface du sol, même par temps sec, évaporera bien moins d'eau que le mur n'en pompera, mais au fur et à mesure qu'on s'écartera du mur, son action se fera de moins en moins sentir. A titre de première approximation, nous admettons que notre mètre courant de mur pompe toute l'eau contenue dans le mètre carré de sol qui lui est contigu.

Si nous nous plaçons en Ile-de-France, nous savons qu'il tombe en moyenne par an 500 mm de pluie. Cela fait, sur 1 m² : 0,5 m³.

Admettons, à titre d'hypothèse de travail, que toute cette eau passe à travers le mur en un an.

C'est donc ce flux de 0,5 m³ par an qui devra transporter les 125 g de sulfures ou les 250 g de sulfates, ou n'importe quel mélange intermédiaire, nécessaire à la

détérioration. Finalement ceci correspond à une teneur de l'eau en sels de :

250 à 500 mg/l.

Cherchons à contrôler ces chiffres. En premier lieu, nous voyons que ces teneurs sont très faibles par rapport aux valeurs de saturation de l'eau en sulfates ou sulfures. Même pour le sulfate de calcium peu soluble, nous avons indiqué plus haut que la saturation était atteinte pour : 2,4 g/l.

Pour évaluer l'ordre de grandeur de la force avec laquelle s'exerce l'aspiration de l'eau à travers le mur, M. ROMANOVSKY a fait, au laboratoire du professeur BOURCART, une très élégante expérience; sur chacun des plateaux d'une balance, il place une coupelle contenant de l'ouate pleine d'eau. Dans l'une des deux coupelles, il pose sur l'ouate un parallélépipède taillé dans une pierre de construction. Puis il tare sa balance. L'eau s'évapore également des deux couches d'ouate imbibée, mais la pierre, une fois qu'elle s'est, elle aussi, imbibée d'eau, introduit une évaporation supplémentaire qui tend à déséquilibrer la balance. L'expérience consiste à rétablir l'équilibre en ajoutant, à intervalles de temps égaux, des poids dans celui des plateaux de la balance qui perd trop d'eau, c'est-à-dire dans celui qui porte la pierre.

M. ROMANOVSKY a utilisé comme pierre un échantillon de Méry, banc royal, des carrières FÈVRE. La surface de contact du bloc avec l'ouate, ou surface de pompage, mesurerait 12 cm² et les surfaces libres du bloc, ou surfaces d'évaporation, avaient une superficie totale de 152 cm². L'expérience a été conduite au laboratoire, à la température de 20° et dans une atmosphère dont le degré hygrométrique était à 60 % de la saturation.

M. ROMANOVSKY a trouvé dans ces conditions une évaporation totale de la pierre de :

0,83 cm³/h,

ce qui fait :

0,0054 cm³/h par centimètre carré de surface d'évaporation.

Il est évident qu'en assimilant cette expérience à ce qui se passe sur un mur à l'air libre, soumis à toutes les intempéries, on ne peut obtenir qu'une indication grossière. Appliquons toutefois cette donnée à notre mur : ici la surface d'évaporation est de :

$$3 \text{ m}^2 = 30\,000 \text{ cm}^2.$$

Notre mètre courant de mur pourrait donc débiter :

$$0,0054 \times 30\,000 = 162 \text{ cm}^3/\text{h},$$

soit :

$$1,4 \text{ m}^3 \text{ par an.}$$

Or, nous avons évalué la quantité maxima d'eau à pomper par an à 0,5 m³. Du côté de la force de pompage, nous voyons donc, malgré l'écart entre les conditions

dans lesquelles nous avons opéré et celles de la pratique, qu'elle suffira largement à pomper ce qui se trouvera d'eau dans le sol.

D'autre part, le docteur POCHON a fait, de son côté, l'expérience suivante : A travers une colonne de terre végétale de 80 cm de haut, il a fait passer goutte à goutte un flux d'eau distillée, et il a titré les sulfates à la sortie. Il a trouvé qu'au bout de 8 j tous les sulfates originaires présents dans la terre avaient passé dans l'eau et que la teneur en sulfate de l'eau sortante était de : 1,25 g/l.

Nous avons donc là une première source de sulfates. Mais elle s'épuiserait vite et il ne saurait y avoir de doute qu'on peut, pour des teneurs aussi faibles que celles envisagées, les prévoir dans l'eau de pluie elle-même, au moins pour la plus grande partie.

Rapprochons les chiffres trouvés dans ces différentes expériences :

Pour que se réalise la détérioration envisagée, il est nécessaire que la pierre reçoive par an et par mètre courant de mur :

125 à 250 g de sels.

La valeur totale du flux d'eau dans le mur, calculée comme égale à la quantité d'eau que la pluie apporte en un an sur le mètre carré de sol au pied du mur, est de :

0,5 m³,

ce qui fait une teneur en sels dans l'eau de :

250 à 500 mg/l.

Or, nous avons vérifié :

a) Que cette teneur est très inférieure à la saturation.

b) Que la force de pompage du mur par le mécanisme de la capillarité et de l'évaporation lui permettrait de pomper par an :

environ 1,4 m³.

c) Que le passage de l'eau à travers 1 m de terre végétale lui donnerait une teneur en sulfates de :

1,25 g/l.

De tous côtés, nos expériences nous garantissent des marges considérables.

110 Passons maintenant au cas d'un monument situé en ville. Une seule donnée change dans ce cas : la vitesse à laquelle se produit la détérioration. Nous avons fixé à 50 années au lieu de 400 le délai dans lequel s'accomplit la détérioration dite « complète ».

La quantité de sels qui devra être amenée à la pierre par an sera donc, cette fois, de :

$$\frac{50}{50} \text{ kg et de } \frac{100}{50} \text{ kg respectivement,}$$

soit 1 kg pour les sulfures ou 2 kg pour les sulfates, ou n'importe quelle combinaison intermédiaire.

Le flux d'eau pompé à travers le mur reste naturellement le même soit :

0,5 m³ par an,

de sorte que les teneurs de sels dans l'eau seront comprises entre

2 et 4 g/l.

Ces teneurs sont encore très loin de la saturation pour des sulfates ou des sulfures alcalins ou ammoniacaux.

D'autre part, c'est ici, en ville, que les pluies vont véhiculer des quantités importantes d'acides sulfuriques

et sulfureux. Dans les analyses qu'on trouve dans la littérature pour la suie, l'acide sulfurique figure pour 4 à 5 %. Une analyse de l'atmosphère de Londres donne, pour l'anhydride sulfureux, 0,5 mg/m³ en hiver et 0,15 mg/m³ en été. Or, ce sont les fumées, particules de suie, que la pluie rabat, en en dissolvant ce qui est soluble au premier chef, les sels minéraux. Là est la source des sulfates pompés ensuite par les murs dans le sol à leur pied.

Nous pensons donc que, dans le cas des monuments en ville comme celui des monuments en campagne, les différentes données numériques, que nous avons pu rassembler dans la littérature et établir nous-mêmes dans des expériences très diverses s'accordent bien pour aboutir à un bilan cohérent du phénomène de la détérioration des pierres de construction calcaires de nos monuments.

Références bibliographiques.

- [1] C. R. Académie des Sciences Paris, t. 223, p. 695.
- [2] C. R. Académie des Sciences Paris, t. 226, p. 2188.
- [3] C. R. Académie des Sciences Paris, t. 228, p. 438.
- [4] C. R. Académie des Sciences Paris, t. 223, p. 290.

RAPPORT DE M^{lle} SIMONE BERTHELIER

Dans son rapport au dernier Comité de la pierre, M. le professeur BOURCART avait émis le vœu qu'il soit procédé à une enquête générale sur l'altération des façades des Monuments Historiques en France, en vue de l'étude du comportement des diverses pierres et de leur classement.

Il semble en effet que la cause de ces altérations ne pourra être réellement décelée que lorsqu'on aura examiné avec soin sur un grand nombre d'édifices, l'emplacement des pierres détériorées, non seulement par rapport aux points cardinaux, mais par rapport à leur voisinage immédiat et à leur situation dans l'édifice.

Guidée par les réponses des architectes des Monuments Historiques à la circulaire envoyée par le Bureau de la Documentation et les renseignements que possédait déjà l'Office de Documentation, je me suis rendue sur place afin d'essayer d'établir par comparaison une loi sur la localisation de ces phénomènes d'altération de la pierre.

Tous les cas que j'ai observés peuvent se ramener à trois types :

1^o Dans la majorité des cas, la pierre est détériorée, sur le parement extérieur, sur une bande d'environ 1 à 2 m de large, dirigée à peu près parallèlement au sol, à une hauteur variant entre 2 et 10 m, parfois même plus haut.

Depuis le sol jusqu'en haut de la bande altérée, le parement dont le calcin est généralement assez dur est recouvert d'une patine noire. Au-dessus, le parement est intact et sa patine est naturelle.

Dans la zone d'altération, le parement se détache par plaques d'environ 1 à 2 cm, parfois même 4 à 5 cm d'épaisseur. Et l'on constate que dans toute cette zone la pierre est attaquée d'une façon irrégulière.

Verticalement et en profondeur, il se forme trois couches différentes : la couche externe particulièrement durcie et recouverte d'une patine noire, une couche sableuse qui ne maintient plus l'adhérence qu'en quelques points entre la couche externe et la masse de la pierre qui forme la dernière couche.

Dès qu'il se produit des fissures dans la couche externe, celle-ci se fragmente en plaquettes qui se détachent et

tombent, découvrant le sable qui glisse et mettant à nu la masse de la pierre.

Parfois même la couche superficielle est éclatée comme sous l'effet d'une pression interne.

2^o Dans le deuxième cas observé on constate une sorte de chancre, une protubérance floconneuse, noire, adhérente à la surface de la pierre, mais ne la pénétrant pas. La pierre semble intacte à la surface de contact, les protubérances se trouvent toujours à la face inférieure d'une assise de pierre en saillie, dont la face supérieure est horizontale et non protégée (sous une corniche, dans le creux d'un crochet, dans le réseau d'une balustrade). L'assise de pierre est parfois désagrégée, mais pas toujours.

Dans ces deux premiers cas, le calcin de la pierre ne semble pas attaqué directement, il est même particulièrement dur.



PHOTO 1. — Maison à Angoulême, face nord : zone sinueuse d'altération.

3° J'ai constaté enfin un troisième cas dans lequel les parements, dont la patine n'a rien de particulier, sont désagréés au contact des joints, sous une forme analogue au premier cas, mais plus voisine de la surface et paraissant affecter parfois le calcin.

Ce qui a vite attiré mon attention, c'est la localisation si particulière de l'altération du type I. A Angoulême sur la plupart des maisons de la ville (photo 1), à Caen sur plusieurs édifices, à Paris au Val-de-Grâce (photo 2), au château de Versailles, cette localisation est extrêmement caractéristique :

La bande d'altération a une forme ondulée due sans doute à l'obstacle créé par les baies, et elle affecte l'apparence d'un cerne.

Elle est située à une hauteur à peu près constante pour une région, mais variable selon les régions.

Au Val-de-Grâce elle se trouve environ à 1,50 m; à Angoulême à 6 ou 8 m.

La partie basse en contact avec le sol est noire et peu altérée, la zone décomposée est noire également mais comporte

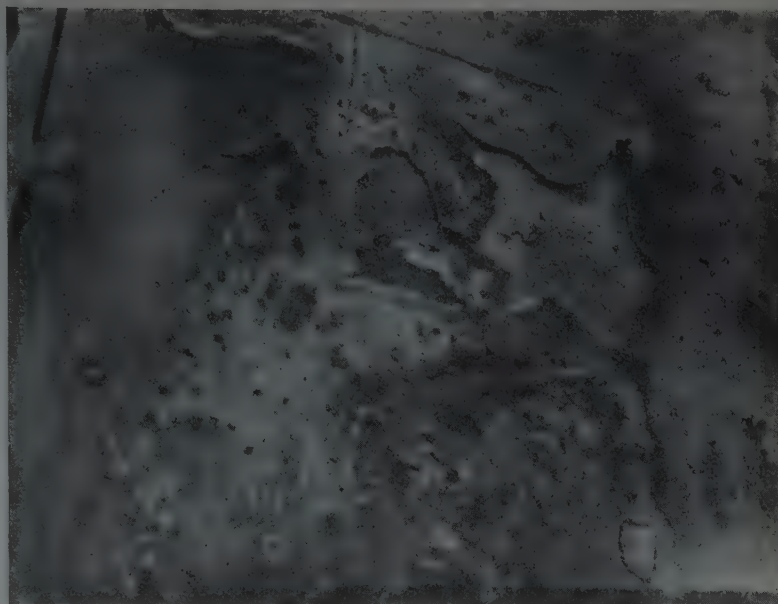


PHOTO 3. — Angoulême. Mur d'une maison, face sud : éclatement de la surface de parement.

un certain nombre de creux clairs qui correspondent au détachement par plaques de la surface patinée.

On a l'impression que la pierre a été imprégnée par un liquide qui serait monté du sol par capillarité et aurait pénétré par toute la masse jusqu'à épuisement, formant un cerne à la limite de sa course, comme de la benzine dans un tissu.

J'ai donc été amenée à étudier le phénomène de la capillarité et j'ai constaté tout d'abord que les pierres atteintes avaient toutes un coefficient de capillarité très élevé.

Je suis donc arrivée à la conclusion suivante que je soumets au Comité :

L'eau du sol provenant des chutes d'eau atmosphérique variant par conséquent en quantité avec le volume de ces chutes et leur fréquence, est conservée à la surface pendant une durée qui est fonction de l'imperméabilité du sol (toutes choses qui sont spécifiquement locales) et absorbée par capillarité dans la masse totale de la maçonnerie du mur. Plus il y a d'eau à la disposition du mur, plus cette eau reste longtemps en contact avec la pierre du soubassement et plus la puissance d'absorption de celle-ci par capillarité est forte, plus le flux d'eau qui la traversera sera important et plus la hauteur à laquelle il s'élèvera sera grand.

Cette eau de pénétration interne entraîne dans sa montée des sels en solution, qu'elle véhicule jusqu'à l'extrémité de sa course et qui se massent ainsi par apports successifs dans la partie haute du parement imbibé et en arrière du calcin imperméable. Cette eau saturée agit sur la pierre qu'elle décompose par dissolution du ciment en laissant un résidu sableux.



PHOTO 2. — Val-de-Grâce. Mur N de la cour d'entrée : zone d'altération horizontale.



PHOTO 4. — Nantes. Cathédrale, façade occidentale :
soubassement de granit.

Cette masse d'eau qui monte du sol, pompée par capillarité, est attirée d'autre part vers la face externe du mur par l'assèchement de cette face au contact de l'air. Tout le long de son trajet depuis le sol elle suinte à travers le calcin et crée sur le parement une humidité qui fixe les poussières de l'atmosphère formant cette patine noire constatée généralement, couche poussiéreuse ou grasse de suie, qui augmente l'imperméabilité du calcin et favorise la stagnation de l'eau par derrière. Cette eau interne peut être affectée par la température et geler, ce qui produit dans la partie déjà désagrégée les éclatements constatés (photo 3).

En ce qui concerne son action chimique, quoique mes connaissances dans cette science ne me permettent pas de m'aventurer bien loin, il me semble que les apports de sel ou même de bactéries que l'on recherche dans l'atmosphère, et en particulier les sulfures, doivent se trouver naturellement dans les eaux pompées du sol. Le sol contient en effet presque

toujours de grandes quantités de sulfures et des nitrates.

Si on admet cette idée, on arrivera peut-être à considérer que le principal résultat du voisinage des usines est d'entraîner une augmentation de l'imperméabilité du calcin par une couche superficielle d'impuretés et de suies collées sur les parties humidifiées de la pierre. Je dois réserver toutefois la formation des chancres, deuxième type d'altération que j'ai observé et qui semble bien cette fois recueillir dans l'atmosphère une partie des éléments chimiques de sa composition.

Certains cas apparaissent comme assez gênants. La cathédrale de Nantes est construite sur un soubassement de granit à faible capillarité (photo 4). J'ai longtemps été arrêté par ce fait, mais je n'ai pensé que trop tard à me renseigner sur la nature réelle de ce soubassement. Il me semble que les murs de cette époque sont toujours construits de la même façon : des parements appareillés entre lesquels est coulé un blocage; il est donc vraisemblable que le soubassement de granit n'affecte que le parement extérieur de la cathédrale de Nantes. Le blocage n'est vraisemblablement pas en granit et les mortiers anciens étaient très poreux. Cela suffirait à expliquer la pénétration interne de l'eau d'altération. D'autre part la ville de Nantes est construite presque toute entière sur pilotis et même dans les parties de sol ferme, le niveau d'eau doit être extrêmement près du soubassement des édifices. Il y a là non seulement un contact avec l'eau des chutes atmosphériques mais avec une nappe d'eau permanente qui permet, non plus un apport d'eau épisodique mais un bain continu et, par conséquent une aspiration d'eau maxima avec les conséquences, c'est-à-dire une montée d'eau non plus arrêtée à un niveau donné, mais s'élevant jusqu'aux parties hautes et attaquant le parement sur toute sa



PHOTO 5. — Nantes. Cathédrale, façade sud :
contrefort désagrégé sur toute sa hauteur.



PHOTO 6. — Saint-Lô. Cathédrale, façade occidentale : pierre désagrégée par assises alternées.

hauteur comme on peut le constater sur les contreforts sud de la cathédrale de Nantes (photo 5).

Un autre exemple vient nettement cette fois à l'appui de cette thèse : la façade de la collégiale de Saint-Lô. Sur le bas de la tour nord, les assises sont attaquées, alternativement une sur deux, et de plus l'assise intacte a une couleur grise qui tranche sur la patine générale de l'édifice en pierre de Caen (photo 6). On peut remarquer d'autre part que les assises atteintes sont plus hautes que les autres, j'ai supposé que les pierres en étaient posées en délit; M. FROIDEVAUX a confirmé cette supposition. Or, le coefficient de capillarité est généralement plus élevé dans le sens du délit que dans le sens du lit. Tout se passe donc comme si dans la montée de l'eau par capillarité dans la masse du parement, les pierres en délit pompaient l'eau absorbée par les pierres de lit.

Enfin, le fait que les pierres de lit ont une teinte grise vient de ce que cette partie de la façade de la collégiale a été passé au fluaté. Les pierres en délit ayant continué à se détériorer ont perdu de nouveau leur parement fluaté alors que les autres déjà intactes sont restées intactes avec la couche de fluaté (photo 7). Sans que cela soit toujours aussi frappant, par une alternance régulière d'assises atteintes et d'assises intactes, on trouve fréquemment des phénomènes analogues où les

pierres fortement attaquées sont intercalées au milieu de pierres intactes.

Je suppose qu'il s'agit souvent de pierres posées en délit et je fais remarquer à cette occasion que j'ai constaté que la plupart des monuments sur lesquels cette particularité se présentait étaient construits dans une pierre dont il était particulièrement difficile de reconnaître le sens du lit, tels que la pierre de Caen, le banc royal de Saint-Leu, la craie de Champagne, le tuffeau.

L'examen de la photo de la cathédrale de Meaux montre entre autres le très mauvais état du gâble; or il est assez vraisemblable que les rampants et même les volutes du réseau sont en délit, ce qui se produit souvent et ce qui expliquerait leur état (confirmé par M. BRAY qui en a fait la restauration) (photo 8).

Bien entendu sur ce monument les dégâts sont de telle nature que l'on doit envisager un certain nombre de causes qui se surajoutent. Il serait en particulier intéressant d'étudier le sous-sol, afin de vérifier s'il n'y a pas un niveau d'eau très proche du soubassement.

A Reims ce sont les grandes statues en délit qui sont le plus atteintes et la base des portails.

A Rouen, de même.



PHOTO 7. — Saint-Lô. Collégiale, façade occidentale : pierre désagrégée par assises alternées (détail).

Il me semble que l'on pourrait arriver dans ces conditions à la conclusion suivante : Un certain nombre de cas d'altérations de la pierre se produisent à la faveur d'une pénétration interne de l'eau du sol absorbée par capillarité et maintenue stagnante derrière la protection d'un calcin rendu d'autant plus imperméable par l'adjonction d'une couche de poussière et de suies. Ces altérations affectent bien entendu des pierres à fort coefficient de capillarité.

sible, en établissant un soubassement en pierre à faible capillarité, affectant toute l'épaisseur du mur, ou enfin en intercalant à une certaine hauteur des joints de plomb.

2° Un lavage périodique des parements dans les régions où les suies et les poussières risquent de se coller sur le calcin et de le rendre ainsi tout à fait imperméable



PHOTO 8. — Meaux. Cathédrale, façade occidentale.

En ce qui concerne les constructions nouvelles où on a le choix de la pierre, les pierres à faible coefficient de capillarité sont donc préférables, mais pour la restauration des monuments anciens le problème n'est pas le même. Il s'agit d'utiliser une pierre donnée, celle qui a été choisie originairement et de la placer dans des conditions telles qu'elle ne présente pas les inconvénients qu'on veut éviter.

Il semble donc que l'on puisse envisager dans ce cas trois mesures prophylactiques :

1° Éviter la montée d'eau de circulation interne soit par le procédé KNAPEN, soit chaque fois que c'est pos-

3° Éviter autant que possible le contact entre pierres de capillarités différentes.

Je veux enfin dire un mot sur l'altération n° 2 qui se présente dans des conditions toutes différentes. Nous avons constaté que la pierre était généralement saine sous le chancre. Ces chancres examinés en lames minces sont apparus comme formés uniquement de gypse.

La place de ces chancres dans les édifices peut faire imaginer le processus suivant que je sou mets également au Comité avec toutes les réserves que comportent mes faibles connaissances en chimie.

L'eau reçue sur la face horizontale supérieure de la

Pierre pénètre la masse de cette pierre et vient égoutter à la face inférieure par tous les pores de la pierre où elle se maintient assez longtemps par l'adhérence capillaire sous forme de gouttelettes dans les parties peu ventées et protégées des eaux de ruissellement dans les replis des réseaux de balustrades, sous les corniches ou les crochets. C'est ici il me semble qu'on peut faire intervenir l'action de l'anhydride sulfureux des fumées et les sulfures des suies, puisque les gouttelettes qui, ayant traversé toute l'épaisseur de la pierre, contiennent évidemment du carbonate de calcium en solution, viennent en contact direct avec l'atmosphère.

Le chancre une fois formé amène évidemment une imperméabilisation de la zone qu'il recouvre et si l'eau continue à s'infiltrer par le dessus, elle peut y produire des désordres, mais cela dépend beaucoup des conditions d'aération générale et de lavage de la pierre en saillie, quoique le processus et les effets de l'altération soient très différents dans ces deux cas que je viens d'étudier; il s'agit tout de même dans l'un comme dans l'autre d'une pénétration interne de la pierre, et d'une réaction facilitée par sa capillarité.

Le dernier cas d'altération que j'ai constaté affecte la pierre au niveau des joints (photos 9, 10, 11). Je n'ai pu l'étudier à fond. Il est vraisemblablement conditionné encore par une différence de capillarité entre le mortier et la pierre utilisée. Les joints modernes au ciment étant particulièrement néfastes aux pierres tendres, il faudrait dans certains cas vérifier si les désordres observés ne sont pas causés par un rejointement récent avec un mortier trop dur.



PHOTO 11. — Caen. Place Saint-Sauveur.
Altération : zone ondulée à 2 m du sol.

* * *

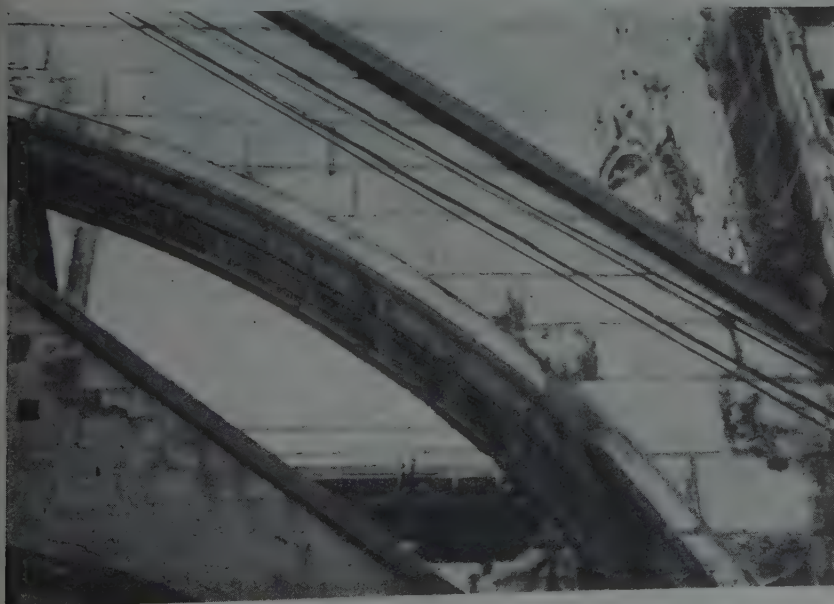


PHOTO 10. — Caen. Église Saint-Pierre, arc-boutant de l'abside côté nord.
Type d'altération : boursoufflement au niveau des joints.

Je dois ajouter pour terminer que quoique j'aie l'air de restreindre les cas d'altérations de la pierre à un petit nombre de causes bien déterminées, je suis persuadée que ces causes sont beaucoup plus nombreuses, que leurs effets sont très variés, et que ceux que j'ai exposés ici ne font voir qu'un petit côté de la question.

J'ai cherché seulement à mettre en évidence le rôle certain de l'eau de pénétration interne, absorbée par toutes les surfaces horizontales et plus particulièrement par le sol qui fournit tout naturellement les acides et les sels et même les bactéries qui semblent jouer un rôle primordial dans la décomposition des matériaux. L'eau du sol étant bien entendu absorbée par capillarité, l'étude du phénomène et des conséquences qu'il peut avoir me paraît devoir être étudiée avec plus de précision que je ne l'ai fait dans cet exposé.



PHOTO 9. — *Lyon. Hôtel de Ville : altération au niveau du joint.*

DOCUMENTATION TECHNIQUE

Réunie en Septembre 1949. — Fascicule n° 30.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.		Pages.
I. — Index analytique de documentation	290	II. — Traductions	312	IV. — Normalisation	316
		III. — Bibliographie	312		

SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'Index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms, ou en positifs sur papier photographique.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

Prix des reproductions photographiques :

Microfilms : la bande de 5 images (port en sus)..... 75 fr.

Positifs sur papier : la page (port en sus) :

Format	9 × 12	49 fr.
	13 × 18	65 fr.
	18 × 24	79 fr.
	21 × 27	132 fr.

Ces prix sont susceptibles de variation.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 28, boulevard Raspail, Paris-VII^e.

TABLES DE L'INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

ANNÉES 1948 et antérieures : Se reporter au fascicule 20 bis de Documentation Technique.

ANNÉE 1949 : Se reporter à la table récapitulative parue dans le fascicule 24 de Documentation Technique.

La prochaine table récapitulative paraîtra dans le fascicule 30 bis de Documentation Technique.

SIGNIFICATION DES REPÈRES

PLACÉS EN FIN D'ANALYSE DE L'INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION CI-APRÈS :

- (◇) Analyses ou traductions effectuées par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics (dont la bibliothèque détient le document original).
- (*) — — — par les services du Centre National de la Recherche Scientifique, 18, rue Pierre-Curie, Paris-V^e.
- (○) — — — par la S. N. C. F., 27, rue de Londres, Paris-IX^e.
- (◉) — — — par l'Office Central de l'Acétylène et de la Soudure autogène et de l'Institut de Soudure autogène, 32, boulevard de la Chapelle, Paris-XVIII^e.
- (+) — — — par les services chargés de l'établissement du Library Bulletin du Ministry of Works (Angleterre).
- (■) — — — par l'Électricité de France, 3, rue de Messine, Paris-VIII^e.
- (□) — — — des revues communiquées par le Centre d'Information et de Documentation du Bâtiment, 100, rue du Cherche-Midi, Paris.
- (◆) — — — d'articles provenant de sources diverses.

I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du tome, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches (en fin d'analyse repère de référence).

ARCHITECTURE ET URBANISME

ÉTUDE DES BESOINS A SATISFAIRE

LE PROGRAMME

BESOINS DIRECTS DE L'HOMME

Problèmes du logement.

1-30. De la méthode dans le problème technique de l'habitation. LEROUX (R.); *Ann. Inst. Tech. Bâtim. Trav. Publ.* (Tech. gén. Constr., n° 5) (juil.-août 1949), n° 82, 27 p., 27 fig., 64 réf. bibl. — Nécessité de la méthode. Problème fonctionnel général : obligation de l'habitation, ses conséquences en période chaude et en période froide. Conditions complémentaires du clos et du couvert : condition d'air pur, condition d'héliothermie, présence du nitrocoque, orientation et dégagement des façades. E. 7399 (◇).

PROBLÈMES COLLECTIFS

Les agglomérations. Urbanisme.

2-30. TS : catalogue-guide de la 8^e triennale de Milan (TS : catalogo-guida ottava Triennale di Milano), Ital. (1947), 268 p., nombr. fig. — Organisation de cette exposition se rapportant à l'urbanisme, à la théorie de l'habitation, à la normalisation et à l'industrialisation de la construction, à l'ameublement. Listes : des photographies d'architecture et des plans d'urbanisme exposés, des panneaux et documents relatifs à la maison d'habitation, des exposants de mobilier utilitaire ou d'art, civil ou privé. Participations étrangères. Quartier expérimental à l'exposition même. E. 6731 (◇).

3-30. Établissement des plans d'urbanisme (urbanisation) (Städtebauliche Planung). KRAUSS (E. H.). Éd. : BR. Sachse, Hambourg, All. (1948), 1 vol., 160 p., 24 fig., 15 réf. bibl. — Directives en matière d'urbanisme. Considérations au sujet des divers plans nécessaires, depuis le district, la commune, etc... jusqu'à la zone et à ses subdivisions. Rues, communications. Eaux d'égout. Canalisations. Détails techniques des plans. Lois et ordonnances allemandes. E. 7052 (◇).

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

ÉTAT GÉOMÉTRIQUE ET MÉCANIQUE DES CORPS

Forme géométrique initiale des pièces et constructions.

4-30. Ouvrages constitués par des surfaces portantes (Flächentragwerke). GIRKMANN (K.). Éd. : Springer, Vienne, Autr., 2^e éd. (1948), 1 vol., 502 p., 273 fig. — Théorie complète des constructions constituées par des surfaces portantes. Disques, plaques, enveloppes, surfaces polyédriques. Introduction sur la théorie générale de l'élasticité suivie de quatre chapitres consacrés à chaque type de surface. Formules; étude détaillée des conditions aux limites. Formules approchées. Exemples numériques. Bibliographie. E. 6514 (◇).

État mécanique.

5-30. Influence de la torsion sur la flexion des poutres de support de balcon (Der Einfluss der Verdrillung auf die Biegung bei Balkonträgern). GEIGER (F. K.); *Baupl. Bautech.*, All. (mai 1949), vol. 3, n° 5, p. 147-149, 10 fig. — Étude de l'influence d'une amélioration de la rigidité à la torsion sur les valeurs statiques : moments fléchissants, moments de rotation, efforts transversaux. Cette amélioration est obtenue en substituant aux profilés normaux en double T des profilés I. P. (Peiner) pour les poutres courbes supportant le balcon. Le calcul est donné pour le profilé I. P. 20. E. 6859 (◇).

6-30. Les contraintes admissibles dans le béton armé (Die zulässigen Spannungen für Eisenbeton). ROS (M.); *Ceslerr. Bauz.*, Autr. (jan.-mars 1948), vol. 3, p. 3-19, 37 fig. — Essais de flexion de poutres armées; essais de compression et de flambage de colonnes; contraintes admissibles; valeurs limites de sécurité. E. 7197. RS. 10-35430 (★).

7-30. Flexion déviée (Flexion esviada). CARINENA CASTELL (V.); *Cons. Sup. Inves. Ci., Inst. Tec. Constr.*, Esp., n° 70, 29 p., fig., 3 pl. h. t., 17 réf. bibl. — Développement mathématique des méthodes FISHER-HAHN et de SAEGER pour le dimensionnement d'une section de béton soumise à la flexion oblique avec ou sans effort normal, en supposant un béton parfaitement élastique. Abaques correspondants. Exposé d'une nouvelle méthode de calcul avec application de la théorie anélastique du béton armé : formules fondamentales; fonctions auxiliaires; abaques; exemples. E. 6812 (◇).

8-30. Étude des transports de sable causés par la houle. Application à la baie de Fontarabie-Hendaye à l'embouchure de la Bidassoa. IRIBARREN-CAVANILLES (R.); *Ann. Ponts Chauss.* (jan.-fév. 1949), n° 1, p. 71-110, 29 fig. (Article présenté et traduit par MM. G. DREYFUS et Ch. LESBORDES). — Application de la méthode du plan de vague à la baie de Hendaye-Fontarabie pour déterminer certains éléments numériques, puis étude du déplacement des molécules dans une zone où la hauteur de houle n'est pas constante; ce mouvement se décompose en un mouvement périodique oscillant et en un mouvement permanent transversal. Le sable suit ces mouvements et se déplace sous l'effet du mouvement transversal. Application numérique à la baie de Hendaye-Fontarabie dont on déduit le régime cyclique.

de l'embouchure de la Bidassoa. Note complémentaire de M. DREYFUS sur la construction d'un épi en enrochements à Hendaye-Plage. E. 7364 (◇).

THÉORIES ET PROCÉDÉS DE CALCUL ET DE REPRÉSENTATION

Théories générales.

9-30. Théorie de l'élasticité. Forme dynamique des pertes de stabilité des systèmes élastiques. LAVRENT'EV (M. A.), ISHLINSKI (A. Iu.); *Conf. Acad. Sci., U. R. S. S.* (1949), t. 64, n° 6, p. 779, 4 fig. (Traduction : 7 pages dactylographiées). — Étude des pertes de stabilité provoquées dans un système élastique en équilibre critique statique lorsqu'on augmente les charges brusquement. Le mouvement peut prendre la forme d'une oscillation; deux exemples. E. 7248 (◇).

Procédés de calcul et de représentation.

10-30. Nouvelle méthode de calcul des portiques étagés, à nœuds rigides, comportant un grand nombre d'étages et sollicités dans leur plan par des forces horizontales. SELEZNEFF (N.); *C. R. Acad. Sci., Fr.* (27 oct. 1948), vol. 227, p. 819-821. — En introduisant les déformations élastiques dans les équations de résolution des cadres rigides, le mode de sollicitation interne est déterminé par la connaissance des nœuds d'extrémité des barres; étude du cas du portique à deux colonnes égales et à moments d'inertie constants; le cas général se ramène à ce cas particulier grâce à l'introduction d'un coefficient de raideur d'ensemble. E. 7197. RS. 10-27974 (*).

11-30. Le calcul des constructions mixtes acier-béton. FORESTIER (V.). Éd. : Centre Belgo-Luxembourg Inform. Acier, Bruxelles, Belg. (1949), 48 p., 45 fig. — Historique, propriétés générales, dispositions de détail des constructions formées de poutrelles métalliques enrobées de béton. Calcul des pièces fléchies. Résultats d'essais. Exemple de calcul d'un ouvrage en poutrelles enrobées. Applications. E. 7195 (◇).

12-30. Efforts dans une poutre en I, courbée en arc de cercle et uniformément chargée (Stresses in a uniformly loaded circular-arc I-beam). MOORMAN (R. B. B.); *Univ. Missouri Bull., U. S. A.* (20 oct. 1947), vol. 48, n° 27 (Engng series n° 36), 20 p., 11 fig. — Dérivation des équations permettant de calculer les efforts s'exerçant dans une poutre en I courbée en arc de cercle autour de son petit axe et encastrée à ses extrémités. Les efforts en un point donné sont la somme des efforts dus à la flexion ordinaire et des efforts résultant de la torsion qui prend naissance au cintrage. Exemples. E. 6743 (◇).

13-30. Étude des arcs continus par la méthode de l'analogue de la colonne (Continuous arches and bents analyzed by column analogy). YU (T. M.); *Proc. A. S. C. E., U. S. A.* (fév. 1949), vol. 75, n° 2, p. 167-184, 20 fig. — Une extension « d'analogue de la colonne » introduite par HARDY-CROSS. La théorie, appuyée par des exemples numériques, démontre que cette méthode constitue un instrument efficace pour le tracé des lignes d'influence; elle rend les calculs plus rapides et plus précis. E. 6958 (◇).

14-30. Application de la théorie de la colonne (Applied column theory). SHANLEY (F. R.); *Proc. A. S. C. E., U. S. A.* (juin 1949), vol. 75, n° 6, p. 759-788, 18 fig. — Le calcul de la résistance de la colonne est basé sur l'équation d'EULER généralisée. L'influence de la forme du diagramme contrainte-déformation est illustrée par des courbes et on en déduit une formule enveloppe. Les effets de l'excentricité initiale sont étudiés au moyen de courbes d'action réciproque pour flexion et compression combinées. Suit un bref exposé des résultats d'essais, de l'effet de la fixation des extrémités et de la forme optimum des colonnes. E. 6962 (◇).

15-30. Intersections de surfaces cylindriques avec des formules et des tables pour les applications techniques (Intersezioni di superficie cilindriche con formule e tabella per le applicazioni tecniche). CECONI (A.); *Atti. r. Ist. veneto. Cl. Sci. Mat. Nat.* (1941-1942), vol. 101, n° 2, p. 419-439. — Formules des aires limitées sur deux cylindres de révolution par leur courbe d'intersection quand ils se coupent suivant un angle donné. Application au calcul du poids des éléments spéciaux des montages hydrauliques. Cas particuliers où l'intersection est axiale

ou tangentielle. Table de valeurs numériques. E. 7197. RS. 10-28002 (*).

16-30. Deux tables pour le calcul des murs de soutènement (Due tabelle per il calcolo dei muri di sostegno). BORELLI (R.); *Atti. Rass. Tec., Ital.* (fév. 1949), n° 2, p. 30-32, 5 fig. — Tableaux relatifs à une équation exposée dans un article de mai-juin 1948, de la même revue et donnant pour les états d'équilibre limites inférieur et supérieur, la valeur des angles que les directions principales maxima font avec la verticale, d'une part, et la valeur des angles que font avec la verticale les plans de glissement, d'autre part. Exemples numériques. E. 6756 (◇).

17-30. Calcul approché des grilles de poutres (Priblizné reseni nosnikovych rostu). FALTUS (F.); *České vysoké učen. technické v Praze, Tchecosl.* (1949), n° 8, 56 p., 42 fig. (résumé français, p. 54). — Méthode de calcul des poutres croisées constituées par des longerons réunis par des poutres transversales. On remplace la solution du système comportant plusieurs poutres transversales par celle d'un système ne comportant qu'une seule poutre transversale de rigidité plus grande. Des tables donnent les coefficients à utiliser pour plusieurs cas de charge. On compare les résultats approximatifs obtenus avec ceux du calcul complet et on donne des exemples numériques d'application. E. 7051 (◇).

17 a-30. Répartition de la déformation. (Nouvelle méthode d'analyse structurale.) (Distribution of deformation. A new method of structural analysis). KLOUCEK (C. V.); (1949), 1 vol., 508 p., 258 fig., 38 réf. bibl. (Traduit du tchèque et de l'allemand par A. H. WADDELL-ZALUD et F. H. ZALUD). — La méthode, évitant l'emploi des équations de déformation, simplifie le calcul des ossatures normales et permet la solution des problèmes statiquement complexes. 1^{re} partie : ossatures avec joints non soumis aux déplacements; 2^e partie : ossatures avec joints soumis aux déplacements. E. 7155 (◇).

18-30. Le calcul des poutres continues d'après la méthode des moments de Cross (Die Berechnung durchlaufender Balken nach dem Momenten-Ausgleichsverfahren von Cross). GRASSHOFF (H.); *Bautechn. Hefte Studium Praxis, All.* (nov. 1946), n° 1, 11 p., 10 fig. — Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brême, All. — Exposé de la méthode de Cross, qui peut être résumée comme suit : 1^o Calcul de la rigidité des travées (rapport du moment d'inertie à la longueur); 2^o Calcul des moments d'encastrement des travées; 3^o Calcul des taux de répartition pour les appuis; 4^o Calcul des coefficients d'inertie dans le cas des moments d'inertie variables; 5^o Distribution des moments d'après le schéma de calcul. Calculs numériques pour sept exemples différents. En annexe : taux des moments d'encastrement pour différents cas de surcharges. E. 6949 (◇).

19-30. Le béton armé. Calcul et construction. I. Les constructions simples (Der Stahlbetonbau in Berechnung und Konstruktion. I. Die einfachen Konstruktionen). THIEL (L.); *Bautechn. Hefte Studium Praxis, All.* (jan. 1949), n° 2 (série 3), 28 p., 25 fig., 5 réf. bibl. Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brême, All. — Théorie générale de calcul des ouvrages en béton armé. Composition du béton. Coffrages. Calcul des dalles et des poutres. Dimensionnement. Calcul du cisaillement. Plafonds en béton armé. Piliers, flambement, flexion. Éléments préfabriqués. Exemples. Annexes. Contraintes admissibles et normes, 17 tableaux de dimensionnement. E. 6944 (◇).

20-30. La méthode de Cross (Das Cross-Verfahren). JOHANNSSON (J.). Éd. : Springer, Berlin (1948), 1 vol., 123 p., 137 fig. — Notions générales. Calcul des poutres continues, portiques, portiques à étages, hangars, toitures sheds. Lignes d'influence. Moment d'inertie variable. Tableaux de constantes et exemples. E. 7053 (◇).

21-30. La méthode de compensation des angles de rotation (Das Drehwinkelausgleichsverfahren). RAKOSNIK (O.); *Esterr. Bauz., Autr.* (avr. 1948), vol. 3, p. 59-61, 2 fig. — Étude de la méthode de compensation des angles de rotation comme méthode de substitution à la méthode de compensation des moments d'encastrement dans le calcul approché de poutres continues et de cadres. Développement d'une méthode travaillant avec les mêmes moyens simples que celle de Cross. E. 7197. RS. 10-27985 (*).

22-30. Contrainte de flexion excentrée dans les poutres en I (Ausmittige Biegebeanspruchung bei I-Trägern). JAGER (K.); *Esterr. Bauz., Autr.* (juin 1948), vol. 3, p. 83-85, 3 fig. — On montre que le calcul habituel des tensions de flexion peut entraîner pour une position excentrée de la trace des moments et pour une section transversale à parois minces, une sous-estimation notable de la contrainte. Démonstration mathématique et exemple numérique. E. 7197. RS. 10-27966 (*).

23-30. Stabilité et résistance des extrémités de poutres de pont en treillis losangé à pan coupé supérieur (Stabilitäts- und Festigkeitsuntersuchung der geknickten Endportale von Fachwerkbauwerken mit Rhombenaussparung). BEER (H.); *Österr. Bauz.*, Autr. (oct.-déc. 1948), vol. 2, p. 157-164, 11 fig. — Présentation d'une nouvelle méthode pour le calcul de la stabilité et de la résistance de portails de pont en treillis losangé à pan coupé supérieur. Application numérique. E. 7197. RS. 10-27998 (*).

24-30. L'arc à trois articulations et la poutre continue considérés comme un système statique complexe (Dreigelenkhogen und durchlaufende Fahrbahnkonstruktion als gekoppelte statische Systeme). FRITZ (B.); *Tech. Hochsch. Fridericiana, Karlsruhe*, All. (« Aus Lehre und Forschung ») (1948), p. 16-23, 9 fig. — Le calcul séparé de l'arc et de la voie supérieure (poutre continue) conduit à des contraintes inexactes, trop grandes pour l'arc et trop faibles pour la poutre continue. Les deux systèmes s'influencent réciproquement et doivent être calculés comme un ensemble. Exposé d'une nouvelle méthode de calcul dans laquelle on substitue à l'ensemble deux poutres sur appuis libres assemblées par des piliers rigides. Formules pour surcharges symétriques, dissymétriques et continues. Lignes d'influence. Application numérique. E. 7013 (◇).

25-30. Le calcul des portiques à étages par la méthode d'itération (Stufenverfahren zur Berechnung des Stockwerkhagens). KAMMÜLLER (K.); *Tech. Hochsch. Fridericiana, Karlsruhe*, All. (« Aus Lehre und Forschung ») (1948), p. 30-34, 2 fig. — Exposé d'une méthode de calcul simple dans laquelle sont considérés comme inconnues les angles de déformation des nœuds et les déplacements des étages. Formules « de base » et « valeurs de rectification » pour le calcul des moments autour de chaque nœud. Calcul schématisé et rapide. Cinq « rectifications » successives sont suffisantes pour obtenir des valeurs exactes. E. 7013 (◇).

25 a-30. Calcul graphique des poutres de fondation posant sur terrain élastique. Son application au calcul des poutres continues sur appuis élastiques et aux tanks. KERKHOFFS (A.), KERKHOFFS (W.). Ed.: W. Kerkhoffs, Bruges, Belg., 2^e éd. (1943), 1 vol., 48 p., 6 fig., 3 pl. h. t. — Résolution du problème des poutres de fondation par tracé graphique de l'élastique au moyen des règles de l'intégration graphique. Exemples d'application. Extension de la méthode au calcul des poutres continues sur appuis élastiques et aux réservoirs circulaires. E. 7614 (◇).

26-30. Calcul par nomogrammes des sections rectangulaires de béton armé (Nomographic analysis of rectangular sections of reinforced concrete). LINTON (W. P.); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (jan. 1949), vol. 75, n° 1, p. 129-142, 5 fig. — Inconvénients, complications et lacunes des méthodes courantes qui en général ne permettent pas de déterminer la combinaison la plus économique parmi celles qui satisfont aux équations. La méthode présentée ne recourt qu'à trois nomogrammes (du type à points alignés) comportant six variables. Formules de base, construction et mode d'emploi des nomogrammes. Il n'est fait appel dans cette méthode de calcul graphique qu'à la théorie classique et aux notations usuelles du béton armé. E. 6959 (◇).

27-30. Nomogramme pour le calcul des poinçons chargés en bout (Unomogramma per il calcolo delle aste caricate di punta). CAMBI (E.); *Costr. Metall.*, Ital. (mars-avr. 1949), n° 2, p. 12-14, 1 fig. — Le principe d'établissement du nomogramme est de choisir la graduation des axes : (abscisses : fonction du rayon d'inertie; ordonnées : fonction de la section constante), de telle sorte que la courbe ne dépende que de la loi $\omega(\lambda)$, λ étant le rapport entre la longueur libre et le rayon minimum d'inertie de la section. Exemples. E. 6914 (◇).

28-30. Abaques pour le béton armé (dalles et poutres) (Jernbetonnogrammer for plader og bjælker). JORGENSEN (H. S.); *Ingeniøren*, Danm. (25 juin 1949), n° 26, p. 543-548, 6 fig. — Étude de quatre abaques correspondant à des tensions des aciers de 1 400, 1 800, 2 050 et 2 200 kg/cm². E. 6974 (◇).

28 a-30. Les propriétés analytiques des lignes d'influence. Étude systématique de leurs dérivées. MULS (F.). Ed.: Technique Travaux, Paris (1937), 1 vol., 110 p., nombr. fig. — Étude des dérivées successives des lignes d'influence. Extension du théorème de MAXWELL, lignes d'influence dérivées. Applications des lignes d'influence dérivées au calcul des poutres continues et des arcs. E. 7313 (◇).

ESSAIS ET MESURES MÉCANIQUES

Appareils.

29-30. Nouvelles machines d'essais des matériaux créées par les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics. L'HERMITE (R.), DAWANCE (G.), GRANDVOINET (J.), BARREE (J.), CHEFDEVILLE (J.), JOISEL (A.); *Ann. Inst. Tech. Bâtim. Trav. Publ.* [Essais, mesures, n° 10] (juil.-août 1949), n° 83, 22 p., 49 fig. — Description de 22 appareils créés par les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics pour les essais ordinaires et diverses recherches nouvelles : analyse du béton frais, mesure du retrait, dispositif pendulaire pour machines de flexion sur prismes, etc... E. 7400 (◇).

30-30. Méthode expérimentale pour les recherches sur le béton armé (Experimental method for research in reinforced concrete). WILKINS (R. J.); *Engineering*, G.-B. (17 juin 1949), vol. 167, n° 4351, p. 553-555, 8 fig. — Pour effectuer les mesures de contrainte dans le béton on emploie des extensomètres extérieurs du type à miroir, des jauges optiques intérieures et des jauges de contrainte (strain gages) électriques également intérieures. Description des essais. Résultats obtenus. E. 6806 (◇).

Technique d'exécution.

31-30. Note sur l'étude des coupures des boucles de l'Isère en amont de Grenoble. Essais sur modèles réduits. JONTE; *Houille Blanche* (1949), n° spécial A, p. 376-392, 8 fig. — Exposé général des projets tendant à permettre le désengrèvement du lit de l'Isère. Opportunité de faire l'étude sur modèles réduits à fonds fixes et à fonds mobiles. Considérations générales sur les modèles. Étude de la propagation de l'onde diurne et résultats obtenus. Étude de la propagation de crues. Essais relatifs à la coupure des boucles et résultats généraux. E. 7335 (◇).

MÉCANIQUE DES FLUIDES

31 a-30. Les progrès de la mécanique appliquée (Advances in applied mechanics). MISES (R. von), KARMAN (Th. von). Ed.: Academic Press Inc., Publishers, New-York, N. Y., U. S. A. (1948), 1 vol., 296 p., nombr. fig., 200 réf. bibl. — Ouvrage comprenant six parties, traitant des récents progrès en ce qui concerne l'écoulement des couches limites de la mécanique non linéaire. Théorie de l'élasticité, théorie de la turbulence, interaction des ondes et écoulement fluide compressible à deux dimensions. E. 6515 (◇).

Définitions et équations générales.

32-30. Intégration de l'équation de l'écoulement non uniforme (Integrating the equation of nonuniform flow). SEGGERN (M. E. von); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (jan. 1949), vol. 75, n° 1, p. 105-122, 11 fig. — Exposé d'une méthode complète et simple d'intégration adaptée à tous les types de sections transversales rencontrés dans la pratique. A l'exposant hydraulique n , introduit par BAKHMETEFF dans les conditions mêmes où celui-ci l'avait employé, on adjoint un deuxième exposant m pour mettre l'équation de l'écoulement non uniforme sous une forme permettant sa résolution par intégration. Exposé d'une nouvelle méthode rapide de calcul des exposants n et m . E. 6959 (◇).

33-30. Écoulement le long des courbes dans un canal découvert (Flow around bends in an open flume). SHUKRY (A.); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (juin 1949), vol. 75, n° 6, p. 713-741, 18 fig. — Étude du mouvement hélicoïdal le long des courbes par des mesures directes effectuées avec une sphère de PIVOT spécialement construite, qui enregistre les composantes de la vitesse dans les trois plans. Caractéristiques de ce mouvement et autres aspects de l'action de la courbe. Les recherches ont montré l'influence des variations du nombre de REYNOLDS, du rapport de la profondeur à la largeur, du rapport du rayon à la largeur et de l'angle de déviation de la courbe. E. 6962 (◇).

34-30. Pertes de charge dans les canalisations d'eau (Friction loss in water mains). GUILD (A. E.); *Wat. Wat. Engng.*, G.-B. (nov. 1948), vol. 51, p. 516-517, 1 dpl. h. t. — Nomogramme pour le calcul des pertes de charge, selon la formule de HAZEN-WILLIAMS, en fonction du diamètre des conduites, du débit et de la vitesse de l'eau. E. 7197. RS. 10-35479 (*).

Fluides réels.

35-30. Le tenseur spectral de la turbulence homogène non isotrope dans un fluide incompressible. KAMPE DE FÉRIET (J.); *C. R. Acad. Sci.*, Fr. (18 oct. 1948), vol. 227, p. 760-761. — Nouvelle méthode analytique de calcul de la turbulence basée sur le tenseur spectral dont les composantes sont les transformées de FOURIER du tenseur de corrélation de KARMAN. La forme générale de ce tenseur est calculée; elle montre que l'isotropie correspond simplement à un cas particulier. Les valeurs moyennes des énergies cinétiques et tourbillonnaires par unité de masse sont calculées. E. 7197. RS. 10-28063 (*).

36-30. Progrès dans la théorie statistique de la turbulence (Progress in the statistical theory of turbulence). KARMAN (T. von); *Proc. Nation. Acad. Sci.*, U. S. A. (nov. 1948), vol. 34, p. 530-539, fig. — Equation différentielle tirée de l'équation de STOKES-NAVIER et discussion. Éclaircissements sur quelques points et comparaison de la théorie avec les résultats expérimentaux. E. 7197. RS. 10-28058 (*).

FLUIDES COMPRESSIBLES

37-30. Règles pratiques pour le calcul des pertes de charge, le mesurage et la régulation du débit (*fin*). BAUDOT (J. J.); *Chal. Industr.* (août 1949), n° 289, p. 187-195, 20 fig. — Étude des fluides compressibles. Théorie générale : équation de BERNOUILLI-SAINT-VENANT, théorème d'HUGONOT, vitesse limite d'écoulement, tuyère convergente-divergente. Calcul des canalisations présentant de fortes pertes de charge. Mesures dans les fluides compressibles : mesure du débit par un orifice (formules pratiques et graphiques). E. 7235 (◇).

GÉOPHYSIQUE

STRUCTURE DU GLOBE

Géotechnique (étude des sols).

38-30. Les échantillons de terres pour les constructions industrielles (Bodenproben für bautechnische Zwecke). ZWECK (H.); *Bautech. Heft Studium Praxis*, All. (19 jan. 1948), n° 1, série 6, 9 p., 11 fig., 9 réf. bibl. Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brême, All. — Conditions d'exécution des carottages; essais des prélèvements en vue de la détermination de la résistance du sol et des dimensions des fondations. Utilisation de perforatrices. E. 6943 (◇).

39-30. Sur la stabilité des masses de terre complètement plastiques (*fin*). JAKY (J.); *Ann. Ecole Polytech.*, Hongrie (1948), n° 3, p. 158-172, 10 fig. — Étude des états de tensions dans un système de coordonnées polaires et quelques nouveaux états de tensions. E. 7455 (◇).

40-30. Le calcul des poutres et dalles reposant sur un terrain élastique (Die Berechnung elastisch gebetteter Balken und Platten). LOOS (W.), BRETH (H.); *Bautech. Heft Studium Praxis*, All. (jan. 1948), n° 3, série 6, 13 p., 12 fig. Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brême, All. — La poutre qui repose sur un terrain élastique est statiquement indéterminée. Conduite du calcul en admettant que la flèche de la fondation (ou déplacement vertical du terrain) est directement proportionnelle à la compression du sol. Exposé de deux méthodes : 1° Théorie de BLEICH (la compression augmente avec l'enfoncement); 2° Théorie d'OHDE (calcul par l'équation des trois moments). Exemple. Tableaux de constantes. E. 6946 (◇).

41-30. Étude des ossatures de bâtiments dans le cas de tassement différentiel dissymétrique des fondations (Analysis of building frames with unsymmetrical differential settlement of the foundations). LEONARDS (G. A.); *J. A. C. I. (ACI Proc.)*, vol. 45, U. S. A. (mai 1949), vol. 20, n° 9, p. 645-652, 2 fig. — Méthode pour évaluer les contraintes dans ces ossatures du fait du tassement non symétrique des fondations. Le procédé est basé sur la méthode de « slope deflection » pour les ossatures rigides, modifiée pour permettre une solution relativement rapide par approximations successives. E. 6912 (◇).

SURFACE DU GLOBE

Hydrologie.

42-30. Influence des variations de niveau des eaux souterraines sur le soulèvement et l'affaissement des bâtiments et de la surface du sol (*à suivre*) (Einfluss der Grundwasserschwankungen auf die Hebung und Senkung der Gebäude und der Erdoberfläche). BENDEL (L.); *Z. Österr. Ingr. Architekten Ver.*, Autr. (4 mars 1949), n° 5-6, p. 39-42, 9 fig. — Résultats et conclusions tirées de mesures faites au lac de Lugano en vue de déterminer d'une part les relations entre les variations de niveau du lac et d'autre part, les mouvements des bâtiments et du sol et les variations de niveau des eaux souterraines. Érosion mécanique; possibilité de l'érosion chimique. Courbes et tableaux d'observations effectuées. Expériences sur modèles réduits : un cube pesé sur la terre contenue dans un coffre tandis qu'on fait varier la pression d'eau exercée en dessous de la terre. E. 6919 (◇).

43-30. Influence des variations de niveau des eaux souterraines sur le soulèvement et l'affaissement des bâtiments et de la surface du sol (*suite*) (Einfluss der Grundwasserschwankungen auf die Hebung und Senkung der Gebäude und der Erdoberfläche). BENDEL (L.); *Z. Österr. Ingr. Architekten Ver.*, Autr. (4 avr. 1949), n° 7-8, p. 54-57, 8 fig. — Résultats d'essais sur modèles réduits (profils et tableaux). Leur interprétation mathématique. Influence des élévations et abaissements successifs du niveau des eaux souterraines. Érosions mécanique et chimique. Dégradations du sol provoquées par les abaissements du niveau des eaux souterraines. E. 6920 (◇).

MESURE ET REPRÉSENTATION DU GLOBE

Topographie. Tracé des ouvrages.

43 a-30. La topographie des voies de communication (Route surveys). SKELTON (R. R.). Éd. : Mc Graw-Hill Book, Cny, Ltd, Londres (1949), 1 vol., 531 p., nombr. fig. — Historique de la construction des routes aux États-Unis. Méthodes de reconnaissance du terrain et relevés topographiques préliminaires. Choix du tracé, étude des courbes. Travaux de terrassement. Législation des voies de communication. Topographie de construction. Cœurs et aiguillages pour chemins de fer. E. 7576 (◇).

CONDITIONS GÉNÉRALES

CONDITIONS CONTRACTUELLES

Normes.

44-30. Rapport de l'Institut Néerlandais pour la normalisation de la construction (année 1948) (Verslag van de Stichting tot rationalisatie van het bouwen over het jaar 1948), Pays-Bas (31 mars 1949), 90 p. — Étude embrassant la rationalisation des matériaux de construction (ciments et bétons), les éléments de la construction, les méthodes, la sécurité, les problèmes d'organisation et d'économie. E. 6807 (◇).

45-30. Tuyaux de décharge en fonte et pièces spéciales (Litinové odpadní trouby a tvarovky). *Ceskosl. Spolecn. Normal* (Norme tchèque), Prague (1948), n° 1440, 27 p., 21 fig. — Caractéristiques techniques et conditions commerciales exigées. Poids et dimensions (longueurs, diamètres, angles, etc...) des tuyaux et pièces spéciales. Spécifications. Dessins concernant des dispositifs particuliers. E. 5604 (◇).

46-30. Huisseries en bois (Drevené zarubne). *Ceskosl. Spolecn. Normal* (Norme tchèque), Prague (1948), n° 2042, 15 p., 23 fig. — Qualités du bois, exécution des huisseries, formes, dimensions, dispositions à adopter, conditions commerciales. E. 5601 (◇).

47-30. Sur les normes relatives à l'établissement des projets de construction des ateliers d'entreprises industrielles (en russe). *Sbor. Roukov. Maier. Konsult. Stroit.*, U. R. S. S. (1949), n° 5, p. 26-31, 5 fig. — Extrait du recueil des normes du Bâtiment. Mesures de sûreté contre l'incendie. Classification des matières inflammables. Disposition des murs mitoyens. Escaliers de sauvetage. Sorties. Conditions d'aération. Drainage. Dimensions des locaux. E. 6954 (◇).

48-30. **Système modulaire unifié dans le bâtiment** (en russe). *Sbor. Roukov. Mater. Konsult. Stroït.*, U. R. S. S. (1948), n° 7, p. 25-27, 1 fig. — Analyse des chapitres I et II de la nouvelle édition des normes du Bâtiment. Le module de 100 mm est introduit comme unité de calcul des dimensions standard des bâtiments (plan, distance entre les colonnes, hauteur). Liste de 25 éléments-types (éléments des planchers, escaliers, châssis des fenêtres, portes) en béton armé, métal et bois. E. 4667 (◇).

Cahier des charges et contrats.

49-30. **Manuel de l'entreprise** (Entreprenadbok för Husbyggnad). Éd. : A. V. Carlsons, Suède (1948), 1 vol., 520 p., fig. — Manuel de l'entrepreneur de travaux publics en adjudication. Étude des règles juridiques et administratives. Tableaux de prix des matériaux et des salaires. E. 6905 (◇).

ÉTUDES. CONCOURS. CONGRÈS. DOCUMENTATION

Associations. Organisations. Congrès. Conférences. Expositions. Missions.

50-30. **Fondation et construction des pistes d'envol. La piste caisson**. LARRARD (J. de); *Tech. Mod. Constr.* (juil. 1949), t. 4, n° 7, p. 216-217. — Analyse d'une communication au I^{er} Congrès international des Industries aéronautiques. Étude des systèmes de pistes rigides en béton de ciment et des systèmes par fondations superposées successives. La piste caisson consiste à établir entre un radier imperméable sur le sol de fondation et le revêtement supérieur, un sandwich de nature et d'épaisseur permettant d'obtenir la stabilité de l'ouvrage. Avantages du système. Exemple de piste à Orly. E. 7118 (◇).

51-30. **Un ensemble homogène de matériels de bétonnage de pistes d'aérodromes**. ESCOFFIER (P.); *Tech. Mod. Constr.* (juil. 1949), t. 4, n° 7, p. 217-218. — Analyse d'une communication au I^{er} Congrès international des Industries aéronautiques. Description de l'ensemble composé de centrales de dosage semi-fixes, d'une bétonnière sur chenilles de 1 m³, des machines étalesuses, vibreuses et lisseuses réalisant les aires à bétonner. E. 7118 (◇).

52-30. **L'infrastructure aérienne au I^{er} Congrès international des Industries aéronautiques (à suivre)**. *Rev. Gén. Routes* (juil. 1949), n° 210, p. 31-40, 12 fig. — Exposé de diverses communications relatives à l'infrastructure aérienne : 1° Un résumé de la communication de M. LEBELLE, relative aux pistes en béton précontraint du type à deux systèmes d'armatures rectangulaires et du type à armatures parallèles et de culées d'appui parallèles à ces armatures; 2° Une communication de M. E. BECKER décrivant la piste en béton précontraint de l'aéroport de Paris-Orly et les divers essais de chargement; 3° Une communication de M. de LARRARD sur la fondation et la construction de piste d'envol du type « piste caisson » comprenant un écran imperméable sur le sol, une couche intermédiaire dite sandwich dont la nature et l'épaisseur assurent la stabilité et un revêtement supérieur rigide ou souple; 4° Une communication de M. P. ESCOFFIER sur un ensemble homogène de matériels de bétonnage de pistes d'aérodromes dont il donne quelques exemples. E. 7414 (◇).

53-30. **Le II^e Congrès international de Mécanique des sols. Compte rendu des travaux intéressant la technique des pistes**. L'HORTET (R. de); *Via*, n° 7, p. 86-91, 5 fig. — Analyses des communications concernant les pistes : considérations

générales. Deux communications sur le traitement des sols en place. 15 communications sur le compactage des sols; 16 communications sur les procédés physico-chimiques et 4 communications sur les procédés physiques de consolidation des sols. E. 7122 (◇).

Manuels. Cours. Traités. Annuaire. Dictionnaires. Répertoires. Formulaires.

54-30. **Tableaux techniques** (Technische Tabellen), Verband Schweiz. Brücken. Stahlhochbau-Unternehmungen, Freigutstr. 15, Zürich 2, Suisse (août 1948), 1 vol., 319 p., 315 tables, comprenant les valeurs pour : flambement ordinaire, flambement excentrique, renversement, rivets et boulons et divers. Annexe : poutres continues. Tables sous forme de diagrammes. Les chiffres correspondent aux normes suisses de 1946. E. 6908 (◇).

55-30. **Manuel de la construction métallique** (Stalbau-handbuch). Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brème, All. (1948), 1 vol., 520 p., nombr. fig. — Aide-mémoire de la construction métallique. Éléments. Poutres. Ferme. Ossatures. Ponts. Normes et prescriptions. Profilés. Nombreux tableaux, figures et graphiques. E. 7011 (◇).

55 a-30. **Les méthodes mathématiques de l'ingénieur**. KARMAN (Th. de), BIOT (M. A.). Éd. : Librairie Polytech. Ch. Béranger, Paris (1949) 1 vol., 492 p., nombr. fig. — Exposé des procédés mathématiques applicables à la résolution de quelques problèmes intéressant l'ingénieur. Après une introduction aux équations différentielles ordinaires, indications sur les fonctions de BESSEL, concepts fondamentaux de la dynamique et problèmes élémentaires de la dynamique; petites oscillations des systèmes conservatifs et des systèmes non conservatifs, équations différentielles de la théorie de la résistance des structures, application des séries de FOURIER aux problèmes de résistance des structures et de vibration, représentation complexe d'un phénomène périodique : phénomènes transitoires et calcul opérationnel, équations aux différences finies appliquées à l'art de l'ingénieur. Nombreux problèmes et leurs solutions. E. 7653 (◇).

55 b-30. **Aide-Mémoire Dunod. Travaux Publics**. COUDERC (J.). Éd. : Dunod, Paris (1949), 66^e éd., 1 vol., 460 p., nombr. fig. — Cette nouvelle édition de l'aide-mémoire « Travaux Publics » donne dans une première partie des renseignements généraux sur la résistance des matériaux et les matériaux. La seconde partie traite des travaux publics proprement dits : terrassements, fondations, rivières et canaux, ports maritimes, ponts, travaux municipaux, exécution et règlement des travaux publics. Un formulaire annexe rappelle diverses formules et contient des tables de valeurs numériques concernant les nombres de 1 à 1 000 et des lignes trigonométriques. E. 7607 (◇).

55 c-30. **Traité de mathématiques**. MERCIER (A.). Éd. : Dunod, Paris (1949), t. 1, 1 vol. 876 p., nombr. fig. — Le tome I de ce traité établi d'après le programme des Ecoles Nationales des Arts et Métiers étudie après un rappel d'algèbre et de trigonométrie : le calcul vectoriel, le calcul différentiel, les séries, la géométrie analytique et la géométrie descriptive. Ses dix chapitres comportent 400 exercices théoriques ou techniques. E. 7608 (◇).

55 d-30. **Memento de poche et clé universelle de conversion des unités électriques et mécaniques Giorgi**. DENIS-PAPIN (M.), KAUFMANN (A.). Éd. : Desforges, Paris (1949), 1 vol., 48 p., 12 fig. — Définition du système d'unités Giorgi qui rattache au mètre, au kilogramme-masse et à la seconde les unités de l'ancien système pratique d'unités électriques. Mode d'obtention des unités et équations aux dimensions. Tableaux comparatifs des unités. Clé universelle de conversion par des formules. Annexes. E. 7639 (◇).

LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

CONNAISSANCES ET TECHNIQUES GÉNÉRALES

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

56-30. Recherches sur l'utilisation rationnelle des débris de démolition dans les bétons et les mortiers destinés à la construction d'habitations. KOBYLINSKY (A.); *Ann. Inst. Tech. Bâtim. Trav. Publ.* [Béton, béton armé, n° 9] (juil.-août 1949), n° 84, 20 p., 24 fig. — Aperçu chiffré de l'importance des ruines couvrant les anciens champs de bataille de l'Europe Centrale et Orientale. Utilisation des décombres après triage rationnel pour faire des agglomérés et même du béton armé. E. 7401 (◇).

Matériaux métalliques.

56 a-30. Les aciers de fabrication française. PELOU (M.). Éd. : Sci. Industr., Paris (1948), 4^e édit., 1 vol., 144 p., 59 fig., 10 pl. h. t. — Ouvrage donnant les caractéristiques des aciers fabriqués en France (aciers de construction et aciers à outils). Les aciers sont divisés en seize groupes et les renseignements résumés dans un tableau dépliant pour chaque groupe. Un appendice indique la correspondance entre la classification et les diverses normes françaises et étrangères. Enfin un répertoire alphabétique des désignations commerciales désigne l'aciérie d'origine et renvoie aux pages et tableaux correspondants. E. 7510 (◇).

56 b-30. Aciers profilés (Stahlbau-profile). BATZ (R.). Éd. : Stahlisen M. B. H., All., 7^e édit. (1947), 1 broch., 33 p., nombr. fig. — Tableaux de dimensions de divers types d'aciers profilés et tubes d'acier. E. 7255 (◇).

Matériaux non métalliques (rocheux).

57-30. La pierre. PORTEVIN (M.); *Constr. Mod.* (août 1949), n° 8, p. 284-291, 14 fig. (fin). — Étude de l'emploi de la pierre. Intérêt des pierres calcaires poreuses pour les murs de l'habitation. Emploi des pierres dures pour les parties en contact avec l'humidité. Altération des pierres, calcaire. E. 7347 (◇).

58-30. Les bitumes et les émulsions (I bitumi e le emulsioni). STRADE, Ital. (mai-juin 1949), n° 5-6, p. 135-137, 1 fig. — Compte rendu de vérifications effectuées sur la méthode d'extraction du bitume contenu dans les émulsions en vue de résoudre certaines contradictions. Il est préférable de ne pas effectuer la récupération par le benzol, dans lequel les agents d'émulsion ont une solubilité variable suivant qu'ils sont plus ou moins bien saponifiés. Tableau des solubilités. Pour obtenir les résultats exacts sur le pourcentage de l'agent d'émulsion, il faut rapporter les chiffres au produit sec. E. 6857 (◇).

Liants.

Plâtre.

59-30. Étude des variations de volume des plâtres pendant et après leur prise (à suivre). CHASSEVENT (L.); *Rev. Mat. Constr. éd. « C »* (juil. 1949), n° 406, p. 219-224, 11 fig. — Cette partie de l'étude examine les variations de volume apparent accompagnant la réaction chimique d'hydratation des plâtres pour les plâtres à mouler et plâtres semi-hydratés. Influence des divers produits d'addition. E. 7164 (◇).

Matériaux traités.

Agglomérés.

60-30. Machine à grande vitesse pour la fabrication des blocs (A highspeed block machine). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G. B. (août 1949), vol. 24, n° 8, p. 169-171, 5 fig. — Description et fonctionnement d'une machine américaine pour la fabrication des blocs de béton, en service depuis deux ans aux États-Unis,

permettant de produire des blocs de différentes dimensions à la vitesse de 1 200 à 2 400 blocs à l'heure. Un seul ouvrier suffit pour conduire la machine. E. 7220 (◇).

60 a-30. Le verre dans la construction (Bauen mit Glas). VÖLCKERS (O.). Éd. : Julius Hoffmann, All. (jan. 1948), 1 vol., 184 p., 340 fig. — Considérations historiques et artistiques. Fabrication du verre et des différentes sortes de verre. Opérations annexes. Fenêtres, parois, toitures. Éclairage solaire des locaux. Nombreux exemples de réalisations domestiques, industrielles et monumentales. E. 7232 (◇).

Matériaux organiques.

Bois.

60 b-30. La construction en bois moderne (Modern timber engineering). FLEMING SCOFIELD (W.), O'BRIEN (W. H.). Éd. : Southern Pine Ass., U. S. A. (1949), 3^e édit., 1 vol., 147 p., nombr. fig., 39 réf. bibl. — Structure et caractéristiques des bois; leurs propriétés. Assemblages, poutres, piliers, planchers et tabliers de ponts, bois collés, pieux ronds, préservation et résistance au feu. Tableaux concernant les contraintes admissibles, les résistances, poids spécifiques des bois. Valeurs des coefficients k pour pointes et vis à bois. Exemples. E. 7225 (◇).

60 c-30. Notre ennemi le termite (Our enemy the termite). SNYDER (Th. E.). Éd. : Comstock Publishing Co., Inc., New-York, U. S. A., éd. rév. (1948), 1 vol., 264 p., nombr. fig. — Différentes sortes de termites. Métamorphoses de cet insecte et formation de ses colonies. Leurs nids, leur nourriture, leur vie. Dommages causés aux constructions, matériaux, marchandises, etc... Moyens de protection. Mesures adoptées officiellement pour les combattre. E. 7467 (◇).

61-30. La pourriture du bois et sa prévention (Wood decay and its prevention). JOHNSON (F. D.); *Canad. Paint Var-nish Mag.* (mars 1948), vol. 22, p. 26, 28, 30, 34. — Généralités sur les causes de pourriture du bois (champignons microscopiques), sur les fongicides disponibles, et sur leur mode d'application. E. 7197. RS. 10-34165 (*).

62-30. Destruction de poteaux en bois par les larves d'insectes (Zerstörung von Holzmasten durch Käferlarven). BECKER (G.); *Elektrotechnik*, All. (sept. 1948), vol. 2, p. 248-250. — Généralités sur les insectes attaquant le bois, nature des destructions, variétés d'insectes les plus nuisibles, mesures protectrices. E. 7197. RS. 10-34170 (*).

63-30. Influence de l'imprégnation sur l'absorption d'humidité et sur la résistance du bois (Beeinflussung der Feuchtigkeit Aufnahme und der Festigkeit von Holz durch Imprägnierung). ARMBRUSTER (E.); *Mitt. Österr. Gesellsch. Holzf.*, Autr. (juin 1949), vol. 1, n° 1, p. 11-16, 10 fig. — Des tableaux et des courbes rendent compte d'essais effectués à l'École Supérieure de Vienne, qui ont porté sur le gonflement et l'absorption d'eau, la densité, la résistance à la compression parallèlement et perpendiculairement aux fibres, la résistance à la flexion. Produits d'imprégnation utilisés : paraffine, bitume. E. 6976 (◇).

64-30. Fléchissement de poutres en contreplaqué par suite de variations de la teneur en humidité (Deflection of plywood beams due to moisture content change). WILSON (W. E.), OLSON (L. G.); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (avr. 1949), vol. 75, n° 4, p. 429-440, 12 fig. — Des déformations de longs panneaux de contreplaqué dans les poutres ayant été constatées, on a cherché à déterminer la relation entre la longueur et la teneur en humidité des panneaux par des essais sur contreplaqués de diverses épaisseurs. On a aussi étudié la flexion des poutres en fonction de la teneur en humidité. Les résultats des essais permettent de conclure qu'on peut réduire l'influence de l'humidité en utilisant de préférence des poutres courtes et hautes; cependant étant donné qu'on ne peut éviter les variations de teneur en humidité des ailes d'une poutre, le calcul des poutres du type contreplaqué en caisson doit tenir compte de la variation probable maximum de la teneur en humidité du contreplaqué et de la flèche admissible des poutres. E. 6961 (◇).

**PEINTURES. PIGMENTS. VERNIS
PRODUITS ANNEXES**

65-30. Sur les produits de substitution du vernis à l'huile de lin pour les travaux de peinture et de vitrage (en russe). Sbor. Roukov. Mater. Konsult. Stroit., U. R. S. S. (1949), n° 3, p. 18-25. — Énumération des différents types de compositions colorantes, ayant une faible teneur de vernis à l'huile de lin ou sans vernis et de mastics de vitrier sans vernis : émulsions, peintures à colle, caséine, couleurs sur la base de résines synthétiques et de bitumes. Tableau de classification de différentes espèces de travaux et de couleurs correspondantes. E. 6207 (◇).

66-30. Les couleurs et leur perception visuelle. BOUMA (P. J.). Éd. : Dunod, Paris (VI^e), (1949), 1 vol., 348 p., 113 fig. — Étude des couleurs sur le plan de la physique expérimentale et de la technique de l'éclairage. Expression des couleurs en nombres. Représentations diverses. Calorimétrie. Étude des seuils et des sensations. Domaines d'application. Bibliographie. E. 7112 (◇).

67-30. Couleur et signalisation du travail dans les ateliers. DERIBÉRE (M.). Trav. Méthodes (juil.-août 1949), n° 19-20, p. 26-27, 2 fig. — Suite à une précédente étude dans laquelle on passe en revue les données générales concernant le rôle de la couleur comme facteur de travail humain et particulièrement la création de l'ambiance favorable au travail. Utilisation des couleurs dans le domaine de la signalisation et indication sur les couleurs signalisatrices ou « focales » à utiliser dans les différents cas : danger, tracés, différenciations. En France, un code de signalisation complètera utilement les normes existantes et conduira à un très réel progrès dans le domaine du travail. E. 7178 (◇).

**ESSAIS ET MESURES. CORROSION. STABILITÉ
DES CONSTRUCTIONS**

Corrosion.

68-30. Les efflorescences dans les maçonneries. L'influence des liants hydrauliques (à suivre). CAMERMAN (C.); Ann. Trav. Publ. Belg. (avr. 1949), 2^e fasc., p. 133-142, 3 fig. — Les efflorescences sont dues aux sels contenus dans les terrains au contact avec les maçonneries, aux sels contenus dans les briques, aux sels provenant des liants hydrauliques. On traite ici des efflorescences dues aux liants hydrauliques, mais cette première partie est consacrée au rappel des phénomènes imputables aux deux premières causes. E. 7215 (◇).

69-30. Les efflorescences dans les maçonneries. L'influence des liants hydrauliques. CAMERMAN (C.); Ann. Trav. Publ. Belg. (juin 1949), 3^e fasc., p. 287-301, 8 fig. — Étude des efflorescences dues aux liants hydrauliques. Expériences sur vases poreux. Production d'efflorescences par combinaison entre les liants hydrauliques et les briques. Les efflorescences sont composées de sulfates alcalins. Théorie de leur formation. Étude entreprise sur l'influence du chlorure de calcium. En conclusion, il faut éviter les ciments de laitier additionnés de sulfate sodique, éprouver les ciments par des essais au vase poreux, éviter de mouiller exagérément les briques avant emploi. E. 7140 (◇).

70-30. La protection des canalisations souterraines contre la corrosion chimique (La protezione delle condutture sotterranee contro la corrosione chimica). SOLERI (E.); Energ. Elettr., Ital. (mars-avr. 1949), vol. 26, n° 3-4, p. 189-192. — Résumé des différents chapitres des recommandations (types de corrosion, processus de la corrosion, distinction des corrosions, caractères du sol, revêtements des conduites et lignes souterraines, systèmes de protection) établies à Stockholm par le Comité International des Téléphones, et devant être discutées au Congrès de Scheveningen pour établissement d'un texte définitif. E. 6708 (◇).

**LA CONSTRUCTION PROPREMENT DITE
INFRASTRUCTURE ET MAÇONNERIES**

Infrastructure.

Aménagement du sol.

71-30. Une comparaison des propriétés physiques d'un limon alluvionnaire compacté respectivement par les procédés de chantier et les procédés de laboratoire (A comparison of the physical properties of an alluvial silt com-

pacted by field and laboratory methods). DUBOSE (L. A.); Proc. and Internation. Conf. Soil Mech. Foundation Engng, Rotterdam (1948), vol. 5, p. 227-231, 6 fig. — Étude comparative d'un sol compacté sur place ou au laboratoire. Comparaison des caractéristiques de cisaillement, de la résistance à la compression simple, des poids spécifiques, des caractéristiques de consolidation, de la perméabilité. Faiblesse des différences trouvées. E. 7302. Traduction S. T. B. A. n° 655 (◇).

72-30. Application de l'électroosmose à l'exécution de certains travaux en terrains aquifères. REMENIERAS (G.); Houille Blanche (1949), n° spéc. A, p. 393-404, 12 fig. — Rappel du mécanisme des phénomènes d'électroosmose et d'électrophorèse. Travaux du Laboratoire de Mécanique des sols de Zurich. Exemples d'application pratique du drainage électro-osmotique des sols à grains fins. E. 7335 (◇).

73-30. Les stations de pompage du polder du Nord-Est (De gemalen van de noordoostpolder), van der Bom (F. L.); Bouw, Pays-Bas (18 juin 1949), n° 25, p. 424-428, 12 fig. — Description des trois stations de pompage de ce polder, tant au point de vue des machines et de leur rendement, qu'au point de vue de la construction des bâtiments et installations fixes. E. 6804 (◇).

74-30. Les travaux pour la dérivation du torrent Lumiei et leur fermeture (Le opere per la deviazione del torrente Lumiei e la loro chiusura). BRAI (L. di); Energ. elettr., Ital. (oct.-nov. 1948), n° 10-11, p. 570-572, 5 fig. — Détails succincts sur ces travaux : dérivation au moyen d'une petite digue et d'un tunnel de dérivation de 5,00 × 3,55 m de section, avec trop-plein; fermeture de la dérivation par suppression du trop-plein, mise en place d'un tampon dans le tunnel, foudroyage du sol. E. 6521 (◇).

Terrassements.

75-30. Les problèmes des terrassements et des fondations dans la reconstruction (Aufgaben des Erd und Grundbaues im Wiederaufbau). LOOS (W.); Bautech. Hefte Studium Praxis, All. (mai 1947) [série 6], 10 p., 12 fig. — Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brême, All. — Remplissage des trous de bombes. Remblayage sur le terrain, à l'aide des matériaux de démolition; compactage, fondations de bâtiments sur matériaux de démolition. Utilisation des matériaux de démolition comme matériaux de construction. E. 6948 (◇).

76-30. Description détaillée de la construction d'un revêtement en béton armé cylindrique pré-moulé pour puits d'aérage dans un remblai de terre (A description, with details, of the building of pre-cast cylindrical reinforced concrete lining for a sand-filling winze). DENNIS (W. G.); J. S. afr. Instn Engrs (mai 1947), vol. 45, p. 304-310, fig. — Étude et construction des puits (mines d'or). Calcul d'une canalisation de 1,3 m de diamètre extérieur et de 0,97 m de diamètre intérieur, pour une profondeur souterraine de 23 m. E. 7187. RS. 10-35441 (*).

Fondations.

77-30. Influence de la végétation sur le tassement des constructions (The effect of vegetation on the settlement of structures). HALLAM WARD (W.); Inst. Civ. Engrs. (Proc. Conf. Biology Civ. Engng), G.-B. (21, 22-23 sep. 1948), p. 181-194, 10 fig., 14 réf. bibl. — Les variations d'humidité dues à la végétation provoquent des mouvements de terrain et c'est le facteur le plus important à considérer pour les fondations peu profondes dans la moitié sud-est de l'Angleterre. Mouvements dus aux arbres isolés. Influence de l'écran fourni par les constructions. Exemples illustrés des dégâts causés par la végétation. Remèdes possibles : pour éviter les dégâts, il est recommandé d'enfoncer suffisamment les fondations ou d'augmenter la résistance de la construction. E. 7046 (◇).

78-30. Détériorations des fondations et leurs origines (Gründungsschäden und ihre Ursachen). DAMM (L.); Bautech. Hefte Studium Praxis, All. (jan. 1948), n° 4 (série 6), 10 p., 49 fig. — Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brême, All. — Commentaires sur de nombreuses photos de bâtiments construits sur fondations trop faibles ou sur terrain trop élastique. Une fondation trop faible est presque toujours irréparable, même quand on prévoit ultérieurement des renforcements. Les escaliers ont également besoin de fondations solides. E. 6947 (◇).

79-30. Calcul des fondations sur pilotis avec pieux inclinés (Analysis of pile foundations with batter piles). HRENNIKOFF (A.); Proc. A. S. C. E., U. S. A., (fév. 1949), vol. 75, n° 2, p. 185-208,

16 fig. — Étude des charges sur les pieux dans les fondations sur pieux non parallèles, compte tenu des résistances longitudinales et latérales des pieux. Il reste une incertitude pour trois des coefficients qu'on ne peut évaluer qu'approximativement; la méthode néglige en première approximation les deux moins importants et exprime le troisième en fonction des données de l'étude. On donne en outre une méthode pour évaluer les coefficients des pieux. E. 6958 (◇).

79 a-30. Les pieux en béton armé (Reinforced concrete piling). WENTWORTH-SHEILDS (F. E.), GRAY (W. S.). Edit. Concr. Public. Ltd., Londres, G.-B. (1948), 1 vol., 126 p., nombr. fig. — Forme, résistance, contraintes des pieux. Pieux pour soutènement, pour jetées. Fabrication et mise en place des pieux. Pieux coulés sur place. Descriptions d'ouvrages sur pilotis. Tables et commentaires. E. 7012 (◇).

Travaux préliminaires ou annexes.

80-30. Renforcement de pilotis (Refuerzo de pilotes). DERQUI (F.); *Cemento Hormigon*, Esp. (juin 1949), vol. 15, n° 183, p. 175-178, 5 fig. — Cinq types de pilotis, représentés par des croquis, et obtenus soit en injectant, au fond ou en un ou plusieurs points de la longueur, du ciment sous forte pression qui forme monolithe avec le terrain, soit en formant à un certain niveau une réduction de diamètre, soit en combinant les deux procédés. E. 6856 (◇).

81-30. Les forages horizontaux dans les roches tendres (Horizontale Bohrer in Lockergesteinen). FEHLMANN (H.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (4 juin 1949), n° 23, p. 326-329, 8 fig. — Exposé de la technique américaine des forages horizontaux pour l'exploitation des eaux de fondation et du pétrole, qui consiste à enfoncer dans le sol horizontalement des tuyaux pleins à l'aide de vérins; des tuyaux perforés sont ensuite introduits dans les tuyaux pleins et ceux-ci sont retirés, sauf leur extrémité. Dimensions des trous des tuyaux perforés suivant la nature du sol traversé. Installations effectuées pour l'alimentation en eau de la ville de Berne. E. 6717 (◇).

Agrégats. Mortiers. Bétons.

Mortiers.

82-30. Contribution à l'étude des mortiers pour les murs en briques. STROPOV (A.); *Rev. Mat. Constr. éd. « C »* (juil. 1949), n° 406, p. 225-227, 3 fig. — Cette étude se termine par l'examen de l'influence de l'adjonction de petites quantités de ciment au mortier de chaux et sur les propriétés techniques de ces mélanges. E. 7164 (◇).

Béton (ordinaire).

83-30. Essais statistiques sur mortiers et bétons. PROT (M.); *Ann. Inst. Tech. Bâtim. Trav. Publ.* (Béton, béton armé, n° 8) (juil.-août 1949), n° 81, 40 p., 55 fig. — Exposé d'essais de compression de béton ayant pour but d'étudier comment il est possible de déduire rationnellement de ces essais la probabilité de bonne tenue d'un ouvrage construit avec le même ciment. Description des éprouvettes. Mesures et essais sur les éprouvettes graphiques et tableaux des résultats obtenus sur mortier et sur béton. Examen et comparaison des résultats. Utilisation desdits résultats. E. 7398 (◇).

84-30. Le béton. Développement de sa connaissance et de ses emplois. DUTRON (R.); *Ann. Trav. Publ. Belg.* (juin 1949), 3^e fasc., p. 227-250. — Exposé des principales étapes dans la connaissance du béton. Études sur la composition et la résistance et diverses formules proposées pour les relier l'une à l'autre. Conditions de conservation. Recherches sur l'élasticité et le fluage et sur les autres propriétés. Examen des procédés de mise en œuvre, vibration, béton sous vide, chauffage, etc... agglomérés, béton armé. E. 7140 (◇).

85-30. Conditions que doivent remplir les installations de préparation du gravier, au point de vue de la technique du béton (Die Betontechnologischen Anforderungen an die Kiesaufbereitungsanlagen). BENDEL (L.); *Esterr. Bauz.*, Autr. (jan.-mars 1948), vol. 3, p. 19-23, 4 fig. — Recherches géologiques et hydrologiques, examen technologique des sables et graviers, installations mécaniques. E. 7197. RS. 10-35431 (*).

86-30. Etat actuel et tendances de la technique du béton (Stand und Entwicklungsrichtung der Betontechnologie). TILL-

MANN (R.); *Esterr. Bauz.*, Autr. (jan.-mars 1948), vol. 3, p. 34-44, 6 fig. — Méthodes modernes d'essai permettant de calculer, dans des limites de dispersion déterminées, les propriétés du béton durci, en se basant sur la composition et la consistance du béton fraîchement gâché. Tendances actuelles dans l'étude du béton. E. 7197. RS. 10-35428 (*).

87-30. Étude et contrôle des mélanges pour béton (Design and control of concrete mixtures). PORTLAND CEMENT ASS., U. S. A. (mars 1949), 9^e édit., T-12, 50 M, 68 p., 59 fig. — Rappel des caractéristiques fondamentales du béton; étude des matériaux entrant dans sa composition; mélanges pour béton; appareils de mesure utilisés. Procédés de mélangeage; essais sur éprouvettes. Manutention et transport. Mise en place. Joints. Durcissement et protection, décoffrage, finissage. Bétons spéciaux. En annexe : Spécifications et essais. E. 7319 (◇).

88-30. Méthode pour déterminer la teneur en air du ciment frais et du ciment durci (A method for determining the air content of fresh and hardened concrete). VELLINES (R. P.), ASON (Th.); *J. A. C. I. (ACI Proc.*, vol. 45), U. S. A. (mai 1949), vol. 20, n° 9, p. 665-671, 4 fig., 4 réf. bibl. — La méthode est basée sur le principe que l'air entraîné dans le béton réagit aux pressions externes et que les variations de volume suivent la loi des gaz. L'air entraîné réagit à une pression externe comme s'il n'était pas entouré de ciment durci. Le volume de l'air contenu dans l'éprouvette est proportionnel au temps nécessaire pour qu'une certaine quantité de gaz s'échappe à travers un orifice de la pression P_1 à la pression P_2 à température constante. Résultats. Discussion. E. 6912 (◇).

89-30. Notes techniques sur le béton. Matériaux, mélanges et construction (Technical notes on concrete materials mixes and construction); *Cement Concr. Ass.*, G.-B. (1949), 26 p., 16 fig. — Types de ciment. Étude des agrégats; essais. Mélangeage (en référence aux Codes of Practice britanniques). Dosage, malaxage, mise en place, durcissement. Propriétés du béton. Principes du béton armé et du béton précontraint. Spécifications types. E. 7061 (◇).

90-30. L'adhérence du béton au fer. *Bull. Ciment*, Suisse (oct. 1948), vol. 16, 6 p., 5 fig. — Importance des conditions d'adhérence. Contraintes d'adhérence. La limite d'adhérence. Facteurs influant sur cette limite. Avantages procurés par l'emploi de fers de petit diamètre. Béton précontraint. E. 7197. RS. 10-35436 (*).

91-30. Degré d'adhérence du béton neuf sur du béton vieux (Ueber die Haftfestigkeit von Neu- und Altbeton). PREFER (F.); *Esterr. Bauz.*, Autr. (août-sep. 1948), vol. 3, p. 132-136, 5 fig. — Mesures à prendre pour augmenter l'adhésivité. Compte rendu d'essais. La résistance dans le joint ne peut guère dépasser 50 % de la résistance dans la masse pleine. E. 7197. RS. 10-35435 (*).

92-30. La sécurité. PROT (M.); *Ann. Ponts Chauss.* (jan.-fév. 1949), n° 1, p. 19-49, 8 fig. — Recueil de données psychologiques et résultats d'expériences récentes aux Laboratoires de l'École Nationale des Ponts et Chaussées sur éprouvettes parallélepédiques de mortier et de béton pour observer la répartition des résistances d'une série de 1 000 éprouvettes et l'influence de la dimension des éprouvettes sur la valeur moyenne et la dispersion des résultats. E. 7364 (◇).

93-30. Conceptions modernes appliquées aux éléments du béton (Modern concepts applied to concrete aggregate). BLANKS (R. F.); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (avr. 1949), vol. 75, n° 4, p. 441-468, 15 fig., 38 réf. bibl. — Importance de la nature des constituants sur la durée du béton. Les méthodes d'essai de ces constituants couramment appliquées sont insuffisantes. Le « Bureau of Reclamation » exige un examen pétrographique, en particulier pour déceler la réactivité alcaline possible. On a institué un essai chimique à cet effet. Compte rendu d'expériences et de recherches. Nécessité d'étudier aussi les caractéristiques de liaison des constituants et les changements de volume par suite de l'humidité et de la sécheresse. E. 6961 (◇).

94-30. Théorie du béton armé sans ce que l'on nomme « la section fictive équivalente » (Teoría del Hormigon Armado sin la lamada seccion ficticia equivalente). RODRIGUEZ ALVARO (J.); *Cemento Hormigon*, Esp. (juin 1949), vol. 15, n° 183, p. 168-174, 2 fig. — Poutres doublement encastées, encastées-appuyées et continues. Pour le calcul on divise la poutre doublement encastée en trois sections : une section médiane « en linteau », et deux sections extrêmes, encastées. Pour que la dépense d'acier soit minimum, la poutre ne doit pas être de largeur constante, mais en queue d'aronde aux extrémités. Calcul et exemple numérique des poutres de planchers. Calcul

des poutres de coût minimum. Coût par centimètre linéaire des poutres appuyées ou encastées, en fonction des prix : du coffrage par mètre carré, du béton par mètre cube et du fer par kilogramme. E. 6856 (◇).

95-30. Défauts de construction dans les ouvrages en béton et en béton armé (Ausführungsfehler an Beton- und Stahlbetonbauten). DAMM (L.); *Bau tech. Hefte Studium Praxis*; All. (fév. 1948), n° 1 (série 3), 17 p., 60 fig. Éd. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brème, All. — Commentaire avec nombreuses photographies des principaux défauts dans les projets et lors de l'exécution : fondations en béton trop maigre, fausse granulométrie des agrégats, évacuation insuffisante des eaux, coffrage trop faible, décoffrage prématuré, dosage erroné, malaxage insuffisant, entretien incomplet pendant les travaux, joints de dilatation trop espacés. Conseils pour la réparation des dégâts résultant de ces défauts. E. 6942 (◇).

96-30. Fissures à la partie inférieure d'un mur de béton (Sprickor i Betongmurs underkant). HOLMBERG (A.); *Betong*, Suède (mars 1948), p. 144-149. — Un mur de béton fondé sur une assise rigide se fissure à la base sous l'influence du retrait contrarié et des variations de température. Formule approchée donnant la déformation maximum d'où on déduit la longueur critique d'un mur qui ne doit pas se fissurer. On peut aussi déterminer la section d'armatures nécessaire pour limiter les fissures à une valeur donnée. E. 7105. Traduction I. T. 200, 8 p. (◇).

97-30. Problèmes pratiques de coffrage, vus du point de vue de l'entrepreneur (Praktiske forskallingsproblemer set fra entreprenorens synspunkt). KARNOV (H. H.); *Ingeniøren*, Danm. (7 mai 1949), n° 19, p. 403-408, 14 fig. — Problèmes posés par la construction des piliers, poutres et dalles en béton. Étude rationnelle de différents procédés de coffrage, en vue de normaliser le matériel et d'éviter les pertes de temps. Schémas et photographies montrant des applications pratiques sur le chantier. E. 6528 (◇).

98-30. Le coffrage en treillis « Rubora » dans son application (De schaarbekisting « Rubora » in toepassing). SCHARROO (P. W.); *Bouw*, Pays-Bas (18 juin 1949), n° 25, p. 421-422, 6 fig. — Applications de ce système de coffrage léger, notamment pour la construction de l'Hôtel de Ville de La Haye. E. 6804 (◇).

99-30. Fabrication de béton de qualité destiné aux améliorations de la ferme (Making quality concrete for farm improvements). P. C. A., U. S. A. (fév. 1947), 2^e édit., F-104, 25 M, 12 p., 60 fig. — Composition et méthode de fabrication du béton, étude du mélange, essais. Coffrages et mise en place du béton, durcissement. Bétonnage par temps froid. Suggestions concernant certains cas particuliers. Applications particulières du béton à la ferme et à ses aménagements. E. 7320 (◇).

100-30. Projet de programme d'essai concernant le développement et la dispersion de la chaleur dans le béton pendant le durcissement (Tentative testing programme on development and dispersion of heat in concrete during hardening). PLUM (N. M.); *Danish national inst. Build. Res.*, Danm. (30 juin 1949), ID 49290. J. n° F-32, 300649, 11 p., 1 pl. h. t. — Critique d'hypothèses admises dans la publication de l'Institut Danois intitulée : « Recommandations pour le bétonnage par temps froid »; corrections à apporter aux calculs. Une méthode de recherches concernant les matériaux isolants est proposée. E. 7156 (◇).

101-30. La durée des constructions en béton armé exposée à la pluie. LOSSIER (H.); *Génie Civ.* (1^{er} août 1949), t. 126, n° 15, p. 289-290. — Constatation des désagréments subies par le béton exposé à la pluie. Les eaux de pluie doivent être considérées comme des agents agressifs pour les ouvrages en béton armé. Nécessité d'une protection étanche efficace dans le temps, c'est-à-dire régulièrement visitée et, au besoin, entretenue. E. 7239 (◇).

102-30. Composition et contrôle du béton vibré (Aufbau und Eignungsprüfung von Rüttel-beton). FRITSCH (J.); *Österr. Bauz.*, Autr. (jan.-mars 1948), vol. 3, p. 44-49, 3 fig. — Méthodes d'essai du béton vibré, comportement des différentes compositions de béton sous l'effet de la vibration, conditions nécessaires pour réaliser un béton étanche. E. 7197. RS. 10-35434 (*).

Bétons spéciaux.

103-30. Note sur le béton aéré. DURIEZ (M.); *Ann. Ponts Chauss.* (jan.-fév. 1949), n° 1, p. 51-54. — Avantages des bétons à entraînement d'air pour la résistance au gel. Inconvénients du point de vue de la résistance mécanique, de l'adhérence des armatures et éventuellement du retrait. E. 7364 (◇).

104-30. Ponce et pouzzolane. Leur parenté. Leur dissemblance. L'utilisation de la ponce aux États-Unis. CHARIN (V.); *Rev. Mat. Constr. éd. « C »* (juil. 1949), n° 406, p. 244-245. — Différences physiques et chimiques de la ponce et de la pouzzolane. Utilisation de la ponce aux États-Unis. Analogie avec la ponce française. Construction de panneaux de murs. Fabrication d'agrégats de ponce. Économies obtenues par l'emploi de la ponce. E. 7164 (◇).

105-30. La méthode Colcrete. CHAUMONT (A.); *Tech. Mod. Constr.* (juil. 1949), t. 4, n° 7, p. 198-201, 10 fig. — Le béton Colcrete est obtenu par l'injection dans de gros agrégats d'un mortier colloïdal colgrout. Granulométrie du squelette, du sable. Essorage, chauffage, utilisation du colgrout pur. Champ d'application de la méthode Colcrete. Contrôle du dosage sur chantier. Dosage en ciment du colgrout et du colcrete. Détection du colgrout. E. 7118 (◇).

106-30. L'occlusion d'air dans les bétons. MAUGÉE (J.); *Monit. Trav. Publ. Bâtim.* (3 sep. 1949), n° 36, p. 3, 5. — Exposé des conséquences de l'air occlus dans le béton : maniabilité accrue, plus grande imperméabilité, résistance à la corrosion par les sulfates et l'eau de mer ou très pure, résistance à la gelée, augmentation de plasticité. Maintien d'une bonne résistance par la possibilité de diminuer le rapport E/C. Énumération des applications intéressantes dans les barrages, routes, etc. E. 7512 (◇).

107-30. Béton d'agrégats légers (Lightweight-aggregate concrete). KLUGE (R. W.), SPARKS (M. M.), TUMA (E. C.); *J. A. C. I.* (ACI Proc. vol. 45), U. S. A. (mai 1949), vol. 20, n° 9, p. 625-642, 19 fig. — Résultats de recherches faites avec les agrégats suivants : argile, schiste et ardoise dilatés; trois types de laitier de haut fourneau dilaté; vermiculite et perlite dilatées, diatomite et cendres légères agglomérées, et une pierre ponce. Des bétons de proportions diverses ont été préparés avec ces composants; on a mesuré leur poids spécifique, leur résistance à la compression et au cisaillement, leur retrait, leur module d'élasticité, leur absorption, leur résistance à la gelée et au dégel et leur conductivité thermique. Discussion et résumé des essais. Tableaux détaillés. Courbes. E. 6912 (◇).

108-30. Influences de la durée de malaxage, du volume de la bétonnée et du type de ciment sur l'entraînement de l'air (Effects of mixing time, size of batch and brand of cement on air entrainment). SCRIPTURE (E. W.), LITWINOWICZ (F. J.); *J. A. C. I.* (ACI Proc. vol. 45), U. S. A. (mai 1949), vol. 20, n° 9, p. 653-662, 6 fig. — La quantité d'air entraîné est maximum dans les premières phases du malaxage et décroît ensuite. Si le mélangeage est bien fait, le volume de la bétonnée ne paraît pas influer sur la quantité d'air entraînée. On constate de grandes variations d'un ciment à l'autre sans qu'on puisse établir une corrélation entre ces variations et une caractéristique de détermination aisée et rapide du ciment. E. 6912 (◇).

109-30. Béton ponce léger (Light-weight pumice concrete). NIEDERHOFF (A. E.); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (juin 1949), vol. 75, n° 6, p. 743-757, 9 fig. — L'emploi de la pierre ponce se justifie par la légèreté, l'isolation thermique et certaines autres caractéristiques que ne possède pas le béton constitué d'agrégats durs. Il faut une saturation préalable de la pierre ponce et on doit éviter de trop vibrer le mélange. Ce béton a un faible module d'élasticité et convient dans les constructions à l'épreuve des tremblements de terre. Sa densité est à peu près moitié de celle du béton classique. Sa résistance peut atteindre 245 kg/cm², et sa conductivité thermique est faible. De plus il est insonore et n'éclate pas par contact direct de la flamme. Il ne convient pas quand le béton est exposé à l'abrasion ou à l'érosion. E. 6962 (◇).

110-30. Résultats et objectifs de recherches dans le domaine du béton (Betonforskningens resultater og mål i dag). DALBERG-HANSEN (P.); *Ingeniøren*, Danm. (4 juin 1949), n° 23, p. 487-489. — Exposé se référant à un article paru dans « Rock Products » en décembre 1948, traitant notamment de la technique du béton aéré et soulignant la nécessité d'études théoriques très poussées sur le béton. E. 6699 (◇).

Maçonneries ordinaires et travaux annexes.

111-30. Utilisation de profils mis d'aplomb pour la construction des maisons (Plumbed profiles in house building). EDEN (J. F.); tiré de *Builder*, G.-B. (12 nov. 1948), 2 p., 6 fig. — L'emploi de profils mis d'aplomb aux angles d'une construction en brique avant l'exécution de celle-ci permet de réaliser une importante économie de temps et quelques autres avantages. Différents systèmes de profils utilisés. Mise en place et utilisation. E. 6758 (◇).

111-30. **Le maçon** (Der Maurer). FRIEDRICH (K.). Éd. : Manu, Augsburg, All. (1948), 1 vol., 118 p., nombr. fig., 63 tabl. h. t. — Manuel sur la technique et les possibilités d'emploi de la brique pleine et de la brique creuse. Schémas de construction et instructions pratiques. E. 7246 (◇).

Ouvrages annexes.

112-30. **Indications sur l'exécution mécanique des enduits** (en russe). Sbor. Roukov. Mater. Konsult. Stroit., U. R. S. S. (1949), n° 5, p. 2-6, 3 fig. — Extrait et analyse d'un règlement édité par l'Institut national de Recherches Scientifiques, sur l'organisation et la mécanisation des travaux de bâtiments. Instruction sur la composition des mortiers d'enduit. Tables de données sur les différents systèmes de machines à enduire. Instructions sur l'application des machines et du matériel auxiliaire. E. 6954 (◇).

113-30. **Planchers en terrazzolith** (Terrazo flooring). Brit. Stand Code Pract., G.-B. (1949), n° (B) 852 (Code 204-102), 15 p., 5 fig. — Matériaux utilisés, couches de séparation, armature, joints, mélange. Établissement des projets. Résistance, isolation, couleur, etc. Travail hors et sur le chantier. Essais et entretien. E. 6752 (◇).

114-30. **Quelques propriétés des placages et contreplaqués recouverts de papier** (Some properties of paper-overlaid veneer and plywood). H. H. F. A. (Forest Prod. Lab), G.-B. (mai 1948), n° 9, 26 p., 13 fig. — Étude au point de vue résistance à la flexion, rigidité, résistance à l'abrasion, stabilité dimensionnelle de placages et contreplaqués recouverts de papiers imprégnés aux résines phénoliques destinés à masquer les défauts de matières premières de qualité insuffisante. L'imprégnation du papier avec 15 % de résine conduit à une bonne résistance à l'abrasion, à une perméabilité faible vis-à-vis de la vapeur d'eau, et augmente la résistance à l'abrasion, surtout à l'état humide. Pour les placages, le gonflement est nettement plus important en travers du grain que dans le sens du grain. E. 6746 (◇).

Béton armé.

115-30. **Sur l'étude des constructions en béton** (en russe). Sbor. Roukov. Mater. Konsult. Stroit., U. R. S. S. (1949), n° 5, p. 6-10, 6 fig. — Extrait d'un recueil de normes et conditions techniques, publié par le Ministère du Bâtiment des Entreprises de l'Industrie lourde. Matériaux. Classification des espèces de béton, dates de résistance, modules d'élasticité, coefficients de sécurité, dimensions des fondements, coefficients de gauchissement. Règles, données et formules du calcul de résistance. E. 6954 (◇).

Béton précontraint.

116-30. **Le béton précontraint (suite)**. SOULASSOL (J.); Monit. Trav. Publ. Bâtim. (30 juil. 1949), n° 31, p. 9, 11, 13, 5 fig. — Étude du coefficient de sécurité du béton précontraint. Qualités à demander au béton. Caractéristiques des armatures. Exposé des moyens de réalisation de la tension des armatures. E. 7214 (◇).

117-30. **Le béton précontraint (suite)**. SOULASSOL (J.); Monit. Trav. Publ. Bâtim. (13 août 1949), n° 33, p. 5, 7, 2 fig. — Exposé de la méthode de calcul du béton précontraint à la flexion. Exemple de calcul de poutres d'une passerelle de 20 m de portée. Calcul à l'effort tranchant. Formules pratiques de flexion. E. 7272 (◇).

118-30. **Le béton précontraint (suite)**. SOULASSOL (J.); Monit. Trav. Publ. Bâtim. (27 août 1949), n° 35, p. 7, 9, 5 fig. — Applications du béton précontraint aux ponts et tabliers de pont. Les réalisations telles que les ponts de : Fontaine, Djedida, Bouleternère, Esbly, Annet, Trilbardou, Ussy, Changis-Saint-Jean, Galion à Rio-de-Janeiro. E. 7452 (◇).

119-30. **Association scientifique de la précontrainte**. Travaux (août 1949), n° 178, p. 309-321, 10 fig. — Au cours des journées tenues les 27, 28 et 29 juin 1949 et comportant des visites de chantier à Orléans, Rouen, Esbly, ont été prononcées deux conférences générales. Dans la première, M. CAGUOT a posé les bases scientifiques de la précontrainte en étudiant logiquement les données du problème soit d'abord les caractéristiques du béton, puis la conception de la précontrainte et enfin les résultats que l'on peut en attendre. Dans la deuxième, M. FREYSINET a examiné l'évolution du rôle des précontraintes dans les constructions et les conséquences de leur utilisation systéma-

tique. Il a montré les inconvénients des procédés traditionnels, charpente métallique, béton armé; fait l'historique des recherches étrangères et des siennes sur la précontrainte et exposé les propriétés générales de ce genre de construction. E. 7188 (◇).

120-30. **Un nouvel ouvrage en béton précontraint**. Le pont à trois travées de 35 m sur l'oued Melah (Tunisie). OUZIEL (R.); Travaux (août 1949), n° 178, p. 337-342, 19 fig. — Pont en béton précontraint fondé sur batteries de 13 pieux battus jointifs suivant le procédé Rodio. Tablier constitué de 7 poutres accolées en I. Mode de construction. Essais de charges. Durée des travaux. E. 7188 (◇).

121-30. **Conduites forcées en béton armé précontraint** (Prestressed reinforced concrete pressure pipe). LOVING (M. W.); Wat. Sewage Works, U. S. A. (nov. 1948), vol. 95, p. 379-384, fig. — Fabrication de conduites de 55 à 94 cm de diamètre, avec armature circulaire en fer, et tirants de précontrainte longitudinaux, noyés dans la masse et fixés aux viroles de jonction des éléments en fonte; étanchéité assurée par un joint de caoutchouc. E. 7197. RS. 10-35451 (*).

122-30. **Les chantiers de béton précontraint de l'Atlas Stone Co. Ltd.** (The prestressed concrete works of the Atlas Stone Co., Ltd). Concr. Build. Concr. Prod., Londres (juil. 1949), vol. 24, n° 7, p. 145-146, 4 fig. — Description des installations de Shorne près Gravesend comprenant trois chantiers de coulée. Ferrallages. Dispositifs de mise en tension. Mesures de la tension et de l'allongement. Constitution des moules. Manutention. E. 6915 (◇).

123-30. **L'adhérence dans le béton précontraint** (La adherencia en el hormigon precomprimido). BJUGGREN (U.); Hormigon Elastico, Buenos-Ayres (jan. 1949), n° 1, p. 5-17, 18 fig. — Détermination de l'allure des tensions d'adhérence à partir des hypothèses sur l'adhérence entre armature en béton dans le béton précontraint. Calcul des tensions développées quand cesse la sollicitation de pré-tension et de celles dues aux charges en service. Importance de l'adhérence dans une poutre fissurée; résistances maxima à la flexion et au cisaillement. Règles pour l'établissement des projets. Indications sommaires sur l'emploi en Suède du béton précontraint. E. 6814 (◇).

124-30. **La construction des réservoirs en béton aux Etats-Unis**. Bull. Ciment, Suisse (jan. 1949), n° 13, p. 1-8, 5 fig. — Exemple de construction de réservoirs cylindriques en béton précontraint. Mode de mise en tension des armatures. Exécution des voiles minces par gunitage. E. 7164, p. 253 (◇).

125-30. **Le béton précontraint (suite)**. SOULASSOL (J.); Monit. Trav. Publ. Bâtim. (6 août 1949), n° 32, p. 3, 5, 6 fig. — Étude des procédés d'ancrage des armatures et de mise en tension. Procédé courant par cône d'ancrage et vérin. Procédés spéciaux pour armatures à forte courbure, tuyaux, réservoirs. E. 7237 (◇).

126-30. **Procédé de serrage des câbles pour la production du béton précontraint** (A wire gripping device for prestressed concrete production), tiré de Civ. Engng. Publ. Works Rev., G.-B. (avr. 1949), 2 p., 9 fig. — Le procédé de blocage des fils consiste en une pièce métallique parallélépipédique percée d'un évidement axial. Le câble introduit dans l'évidement y est bloqué à l'aide d'un coin tronconique dont un côté est aplati et moleté. Cette face coince le câble dans le trou et assure le blocage. E. 6760 (◇).

CHARPENTES. MENUISERIE. SERRURERIE

Travail du bois.

127-30. **Utilisation de bois pour la construction de maisons d'habitation en pierre** (Arbetsvirke till bostadshus av sten). JACOBSSON (M.); Statens Komm. Byggnads., Suède (1949), n° 13, 109 p., 63 fig., 3 pl. h. t., 18 réf. bibl. (résumé anglais, p. 74-82). — Recherche des procédés à appliquer pour économiser le bois mis en œuvre dans les travaux de construction de maisons, notamment pour les échafaudages et coffrages (dont le volume est supérieur à celui des charpentes, planchers, escaliers, etc.). Plus de la moitié du bois utilisé temporairement au cours de la construction est généralement perdu. D'une étude comparative à ce sujet sur quatre immeubles, il résulte que pour l'un d'eux la quantité de bois consommée a été inférieure de plus de moitié à celle des autres. Causes incriminées : gaspillage dans le découpage de bois, rejet de déchets de coupe, détérioration des bois au cours des démontages, abandon de matériaux encore utilisables, etc. E. 5982 (◇).

128-30. Développements récents de l'emploi du bois dans les constructions. 2. Structures lamellaires collées (Recent developments in the use of timber in buildings. 2. Glued laminated structures). WALTERS (R. T.); *Build. Digest*, G.-B. (juin 1949), vol. 9, n° 6, p. 187-196, 25 fig., 7 réf. bibl. — Les pièces lamellaires sont composées de plaques de bois mince assemblées par collage ou par moyens mécaniques. Elles peuvent être droites ou courbes. Avantages de ces pièces. Réalisations européennes et américaines. Procédés de fabrication. Applications. E. 6810 (◇).

Travail des métaux.

Soudure.

129-30. L'oxycoupage (Oxygen cutting). SEYMOUR-SEMPER (E.). Ed.: Iliffe and Sons, Ltd, Londres, G.-B. (1949), 1 vol., 150 p., 123 fig., 145 réf. bibl. — Principe et appareils de découpage par l'oxygène, sa précision. Gabarits. Coût et rendement. Applications. Gaz utilisés comme combustibles. Oxycoupage à l'arc électrique. E. 7010 (◇).

130-30. Soudabilité et ductilité. KINZEL (A. B.), SWAN (D.), BIEBS (H.); *Soud. Techn. Conn.* (mai-juin 1949), vol. 3, n° 5-6, p. 115-126, 16 fig. — Facteurs intervenant dans la ductilité d'une construction soudée: répartition des tensions, vitesse de mise en charge, température, caractéristiques métallurgiques de l'acier. Essai sur éprouvette entaillée et avec cordon de soudure représentant les conditions de service. Appréciation de la ductilité basée sur la variation contraction latérale en fonction de la température. Amélioration du comportement en service d'une construction soudée en fonction de la température de transition du métal due aux conditions de soudage. E. 7333 (◇).

131-30. Les assemblages rivés du point de vue des recherches modernes (Die Nietverbindung im Lichte moderner Forschung). STEINHARDT (O.); *Tech. Hochschule Friderician, Karlsruhe*, All. (« Aus Lehre und Forschung ») (1948), p. 52-59, 3 fig. — Le calcul et le dimensionnement des rivets doivent tenir compte de la fréquence des surcharges, des contraintes dans les rivets voisins, de la résistance de l'ensemble de l'ouvrage, des tensions à la périphérie des trous des rivets et de leurs écartements. Abaques pour la répartition des tensions sur la section d'un rivet d'après des recherches microscopiques effectuées à Karlsruhe. Formules. E. 7013 (◇).

Charpente en fer.

132-30. Technique de la pose des clous dans les maisons (Technique of house nailing). H. H. F. A., Washington (nov. 1947), 53 p., 53 fig. — Exposé des procédés de mise en œuvre des clous pour solives, poteaux, sablières, contreventements, feuillards, planchers, encadrements de portes et fenêtres, chevrons, faîtière, pignons, voligeage de mur en contreplaqué, chevrons et poutres de plafond, etc., d'après plusieurs sources de renseignements et notamment les recherches du Forest Products Laboratory américain. E. 6741 (◇).

133-30. Contraintes dues au vent sur les joints semi-rigides des ossatures métalliques (Wind stresses in semi-rigid connections of steel framework). SOUROCHNIKOFF (B.); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (fév. 1949), vol. 75, n° 2, p. 245-246, 6 fig. — Parmi les contraintes il faut distinguer celles qui sont dues aux charges de pesantier et celles qui sont dues au vent dans les joints des ossatures métalliques. On en déduit des conclusions générales applicables aux charpentes rectangulaires. E. 6958 (◇).

COUVERTURE. ÉTANCHÉITÉ. ACHÈVEMENT

Couverture.

134-30. Les avantages des procédés multicouches devant les mouvements du support. *Rev. Gén. Étanchéité* (juin 1949), p. 1-2, 2 fig. — Démonstration du fait que la résistance à la rupture d'un empilage de couches visqueuses augmente avec le nombre de couches. Résistance plus grande aux essais de fente par chocs. E. 7163 (◇).

135-30. Étude sur les couvertures en montagne. SAGE (J.); *Rev. Gén. Étanchéité* (juin 1949), p. 9-15, 17, 10 fig. — Examen du comportement des différents systèmes de couverture et des différents matériaux en moyenne montagne. Indications sur la neige. Types de couvertures montagnardes. Inconvénients des toitures inclinées. Correctifs nécessaires. Toitures horizontales. Réalisations en multicouches, en asphalte. E. 7163 (◇).

136-30. Le problème du toit plat (Det plana takets problem). GEWALT (O.), LUNDIN (G.); *Statens Komm. Byggnads.*, Stockholm, Suède (1949), n° 16, 90 p., 53 fig., 64 réf. bibl. (Conférence du 22 nov. 1948). — Étude de toitures formées de larges dalles constituées par des plaques de béton sur lesquelles sont appliquées des couches d'isolants divers (agglomérés de liège, carton asphalté, béton cellulaire, fibre de bois, etc.), se référant aux exposés présentés à l'occasion d'une conférence par 26 professeurs, ingénieurs et architectes. Principaux points examinés: protection contre l'humidité, isolation thermique. De grandes difficultés proviennent de la qualité défectueuse des couches de carton bitumé ou autres isolants. Nombreux schémas de dispositifs soumis aux essais. Cette étude est précédée d'un exposé d'ensemble de Fr. SCHUTZ et suivie d'une bibliographie d'articles sommairement analysés. E. 5981 (◇).

Étanchéité.

137-30. Béton rendu étanche par du tissu de verre et une résine (Concrete sealed by glass cloth and resin). DELMONTE (J.); *Concrete*, U. S. A. (juin 1949), vol. 57, n° 6, p. 12, 45, 1 fig. — On étend sur le béton une couche de résine « Furane », puis aussitôt le tissu de verre qui adhère à la résine, enfin on étend au-dessus une 2^e couche de résine. Application aux bassins, aux tuyaux. Le produit résiste à l'eau, aux acides, aux alcalis et aux solvants. E. 6927 (◇).

PRÉFABRICATION

138-30. Procédés de construction (Construction methods). LENDRUM (J. T.), RETTBERG (G.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (sept. 1948), vol. 46, n° 12, Small Homes Council, E. 2. 1, 12 p., fig. — Description de procédés de construction simplifiée permettant de gagner du temps et de l'argent. Éléments préfabriqués, avec seul assemblage sur place. Mode d'assemblage des différentes parties de la maison (bois et maçonnerie). E. 7065 (◇).

139-30. Maisonnnette de béton en éléments préfabriqués (Vivienda de hormigon con elementos prefabricados). *Cemento Portland*, Argent (fév.-mai 1949), n° 18-19, p. 7-9, 9 fig. — Le montage s'effectue à partir d'éléments de 5 types différents: poteaux, poutres, dalles de toit, blocs de mur extérieur et intérieur, ce qui permet d'obtenir un nombre illimité de combinaisons. Il existe 5 modèles de poteaux. E. 6978 (◇).

140-30. Le système de construction « Fundo » (Het « Fundo » bouwsysteem). STEINPATZ (H.); *Bouw*, Pays-Bas (18 juin 1949), n° 25, p. 418-419, 4 fig. — Description du système autrichien (M. Altmann, de Salzbourg) qui consiste en l'emploi pour les fondations, murs et planchers, de dalles de béton creuses préfabriquées. Il permet de constituer, par remplissage, des piliers. E. 6804 (◇).

INSTALLATIONS ANNEXES

CLIMATISATION

Théories et techniques générales.

141-30. Perte thermique d'une canalisation dans différents cas d'installation (Der Wärmeverlust eines Rohres bei verschiedenen Verlegungsarten). HOTTINGER (M.); *Schweiz. Bl. Heiz. Luft.*, Suisse (1948), vol. 15, n° 1, p. 7-10, fig. — Calcul du coefficient de transmission globale de chaleur dans 7 cas d'installations de tuyauterie (tube nu dans une pièce, dans le sol ou dans une gaine de béton souterraine, tubes avec différents isolants). E. 7197. RS. 10-36248 (*).

142-30. Étude d'une méthode rapide de mesure des coefficients de conductibilité thermique. DESTABLE (P.); *Ann. Inst. Techn. Bâtim. Trav. Publ.* (essais, mesures, n° 11), (juil.-août 1949), n° 86, 15 p., 18 fig. — Exposé mathématique du phénomène qui est à la base de la méthode de mesure des coefficients de conductibilité thermique par passage d'un courant électrique dans un fil résistant noyé dans le matériau à étudier. Étude expérimentale du phénomène. Étude vérificative. Conclusion favorable pour les matériaux pulvérulents; application plus délicate pour les matériaux solides. E. 7403 (◇).

143-30. **Condensation de l'humidité** (Moisture condensation). ROWLEY (F. B.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (27 jan. 1947), vol. 44, n° 34 (Small Homes Council, F 6,2), 8 p., fig. — Causes de la condensation. Climat. Conséquences de la condensation. Comment l'éviter (isolation, aération, écrans, etc.). E. 7065 (◇).

144-30. **Condensation dans les murs et toitures** (Condensation in walls and roofs). BRITTON (R. R.); *H. H. F. A.*, U. S. A. (avr. 1948), n° 8, 21 p., 9 fig. — Résultats des essais entrepris dans les 3 zones climatiques des États-Unis (conditions douces, tempérées, dures), sur 14 nouveaux modèles de parois composites pour habitations. Description des parois : généralement bois-papier isolant-bois-air et fibre-plâtre-papier, avec peinture sur face extérieure. Observations sur les condensations d'eau et sur l'action du gel. Conseils pour les types à utiliser selon les zones climatiques. Les barrières pour vapeur d'eau, constituées par du kraft lamellé sont à recommander en général. E. 6751 (◇).

145-30. **La condensation dans les murs et plafonds** (Condensation in walls and roofs). BRITTON (R. R.); *H. H. F. A.*, U. S. A. (juil. 1948), n° 1, 2, 3, 74 p., 12 fig. — Résultats d'essais concernant la condensation de la vapeur d'eau dans divers types d'éléments composites de murailles et de plafonds, en vue d'établir l'ensemble papier-bois-plâtre-isolant réduisant au minimum la condensation et par suite l'action du gel. Essais effectués au climatomètre du Pennsylvania State College. Trois rapports exposent les résultats obtenus dans des conditions climatiques différentes. E. 6749 (◇).

146-30. **Murs**. *Tech. Arch.*, n° 11-12, p. 33-95, 98-101, 113-115, nombr. fig. — Étude de quelques problèmes posés par la construction des murs. Problèmes plastiques et stabilité étudiés en tenant compte des conditions que déterminent la protection et l'isolement des constructions, tant du point de vue thermique et acoustique que lumineux. E. 7269 (◇).

147-30. **Isolation dans la maison** (Insulation in the home). LENDRUM (J. T.), KONZO (S.), KRATZ (A. P.), HARRIS (W. S.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (21 fév. 1946), vol. 43, n° 39, Small Homes Council F 6,0), 8 p., fig. — Avantages de l'isolation thermique : davantage de confort, économie de combustible. Procédés d'isolation; applications pratiques. Tableau des économies réalisables. E. 7065 (◇).

148-30. **Le calorifugeage des planchers en béton** (How to insulate concrete floors). SHUMAN (L.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juil. 1948), vol. 45, p. 74-76, fig. — Étude des matériaux isolants susceptibles d'être employés. Présentation de quelques schémas types de calorifugeage. E. 7197. RS. 10-36419 (*).

Le chauffage.

149-30. **Habitations prévues pour le chauffage au charbon ou au coke** (Homes planned for coal or coke). JONES (R. A.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (mai 1949), vol. 46, n° 70 (Small Homes Council, G. 3, 61), 12 p., fig. — Étude rationnelle de l'aménagement de maisons à un étage avec ou sans soubassement, à deux étages, pour le stockage du charbon et du coke et l'enlèvement des cendres. E. 7066 (◇).

150-30. **Rayonnement et transmission globale de chaleur dans le cas de chauffage par panneaux** (Radiation and total heat transfer in panel heating). CARROLL (J. R. jr); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juil. 1948), vol. 45, p. 62-66, fig. — Étude théorique de la transmission de chaleur par rayonnement dans les cas d'une enceinte à parois chauffantes de diverses compositions. E. 7197. RS. 10-36241 (*).

151-30. **Le chauffage des maisons. Systèmes de chauffage central** (Heating the home. Central heating systems). LENDRUM (J. T.), KONZO (S.), HARRIS (W. S.), LINDSAY (D. B.), DOOLITTLE (W. F.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (2 jan. 1945), vol. 42, n° 20 (Small Homes Council G. 3,1), 12 p., fig. — Avantages du chauffage central. Systèmes à air chaud (par gravité et à pression), à eau chaude (par gravité et à pression), à vapeur (à simple ou double canalisation); chauffage par panneaux. E. 7065 (◇).

152-30. **Le chauffage hivernal avec l'énergie estivale et de réserve** (Riscaldamento invernale con energia estiva e di scarto). GREGORIO (R.); *Energ. Electr.*, Ital. (mars-avr. 1949), vol. 26, n° 3-4, p. 199-205, 6 fig. — Utilisation comme fluide accumulateur de chaleur de l'eau de la nappe phréatique, aspirée par un puits, réchauffée au moyen des calories perdues et renvoyées dans le sol par un deuxième puits. Nécessité d'avoir une nappe phréatique limitée par des parois imperméables, ou comportant certaines conditions hydrodynamiques. Imperméabilisation du sol par injections d'argile. Rendement thermique de l'accumulateur. Directives pour l'établissement et frais d'installation. E. 6708 (◇).

152 a-30. **Le chauffage à vapeur à basse pression et le chauffage à réglage central et mélange de vapeur et d'air** (Die Niederdruckdampfheizung und die Zentral Regeldampfplutgemischheizung). KLOSTERMANN (H.). Ed. : C. Marhold, Halle (Saale), All. (1948), 1 vol., 214 p., nombr. fig. — Cet ouvrage comprend 2 parties : I. Chauffage par vapeur à basse pression. Principes, éléments, projet, calculs. — II. Chauffage à réglage central par mélange de vapeur et d'air. Généralités et principes, éléments. Description d'essais. Calculs. E. 7222 (◇).

153-30. **L'importance de la pompe à chaleur pour les installations de chauffage**. WIRTH (E.); *Rev. tech. Sulzer*, Suisse (1948), n° 1, p. 29-41, 16 fig. — Étude du problème de la pompe à chaleur sous l'angle de l'application pratique et économique. Les machines frigorifiques ne sont qu'une catégorie particulière de pompes à chaleur. E. 7197. RS. 10-36264 (*).

154-30. **La pompe à chaleur** (Le pompe di calore). PONTREMOLI (B.). *Installatore*, Ital. (déc. 1948), n° 12, p. 241-244, 4 fig. — Ce troisième et dernier article traite des applications du chauffage thermodynamique, qui intéresse particulièrement la Suisse et l'Italie, pauvres en charbon et riches en énergie hydro-électrique. Radiateurs, installations à chaleur diffuse, combinaisons de celles-ci avec le conditionnement d'air, installations privées américaines, chauffage industriel, chauffage et réfrigération combinés; chauffage à distance. Pour réaliser le maximum d'économie, il faut limiter la puissance de la pompe à chaleur entre 30 et 50 % du besoin maximum de chaleur et pour l'apport nécessaire aux pointes utiliser des chaudières. E. 6683 (◇).

155-30. **Un système moderne de chauffage des locaux industriels en vue de l'économie de combustible** (A modern system of industrial space heating relating to fuel economy); HOWARD (C. T.); *Fuel Econ. Rev.*, G.-B. (1948), vol. 27, p. 40-42, fig. — Conditions actuellement nécessaires dans les installations de chauffage des ateliers. Avantages de l'eau à haute température. Ex. numérique. E. 7197. RS. 10-36247 (*).

156-30. **L'utilisation de la vapeur pour la fabrication et le chauffage industriel** (Steam for process and industrial heating). HAYES (A. H.); Ed. : Forum Publ. Cny, Speedee Press, Londres (1942), 1 vol., 168 p. i-xxvi, fig. — Propriétés de la vapeur. Vapeur surchauffée. Transmission de la chaleur. Circulation de la vapeur. Tuyauteries. Applications. Évaporation à effets multiples. Accumulation. Chaudières à eau chaude. Tableaux. E. 7009 (◇).

157-30. **Production d'eau chaude et contrôle thermostatique** (Hot water supply and thermostatic control). WALTER (L.); *Wat. Wat. Engng.*, G.-B. (déc. 1948), vol. 51, p. 572-582, fig. — Généralités sur la production d'eau chaude par chauffage à la vapeur et sur les dispositifs de contrôle thermostatique. Facteurs guidant le choix des régulateurs et des vannes de réglage. Influence du volume des réservoirs d'eau chaude et de la vapeur sur l'efficacité du réglage. E. 7197. RS. 10-36258 (*).

158-30. **Réservoirs et cylindres pour eau chaude** (Hot water tanks and cylinders). Tiré de *Plumb. Trade J.* (M. O. W.), G.-B. (juin 1949), 4 p., 3 fig. — Les réservoirs à eau chaude pour usage domestique doivent de préférence être placés en position verticale. Isolement des réservoirs. Forme des réservoirs et des cylindres. Éléments chauffants immergés et thermostats. Les recommandations de ce fascicule complètent les normes britanniques 417 et 699. E. 7254 (◇).

Le frigorifique.

159-30. **La réfrigération mécanique** (Mechanical refrigeration). *Brit. Stand. Code Pract.*, G.-B. (1949), n° B 862 (Code 406), 23 p., 7 fig. — Caractéristiques des matériaux utilisés pour l'isolation des appareils et tuyauteries. Travaux d'installation sur le chantier; matériaux utilisés. Surveillance, essai et entretien. En annexe : clauses spéciales en liaison avec les autres codes; tableaux concernant les températures, les matériaux isolants, les bitumes, les tuyauteries. E. 7252 (◇).

160-30. **La réfrigération mécanique. Part. C : Sécurité** (Mechanical refrigeration. Part C. Safety). *Brit. Stand. Code Pract.*, G.-B. (1949) n° (B) 863 (Code 406), 12 p., 4 fig. — Matériaux et appareils; caractéristiques des installations aux points de vues mécanique et électrique. Réfrigérants utilisés. Précautions contre l'incendie. Accessoires. Essais et entretien du matériel. En annexe : propriétés des réfrigérants. E. 7253 (◇).

Traitement de l'air et de la matière.

161-30. **Conditionnement de l'air au sous-sol. Usines souterraines suédoises**. *Monde Souterr.* (juin 1949), n° 53, p. 199-212, 22 fig. — Après une préface de M. A. MISSENAUD sur le condi-

tionnement de l'air des ouvrages souterrains, M. J. MICHAUT traite de la climatisation en milieu souterrain et donne un exemple d'avant-projet; M. J. PREVOT étudie la ventilation des espaces souterrains par le système des pièges à vent pour la ventilation des chambres souterraines et des galeries très longues; M. H. CONRAD (traduction de M. M. de BAILLY) traite de la ventilation des usines souterraines suédoises; M. ARGOUGES examine l'aspect physiologique de l'urbanisme souterrain; M. E. UTUDJIAN étudie la genèse de la formation des cavités naturelles et le feu souterrain. Enfin M. E. DUBOT montre le mode d'action des cures hydro-minérales. Suit le compte rendu de la première journée du 2^e Congrès Mondial des techniques et de l'Urbanisme souterrain. E. 7388 (◇).

162-30. **Considérations actuelles sur la ventilation, le chauffage et la réfrigération** (Modern views on ventilation, warming and cooling). CROWDEN (G. P.); *Heat. Ventil. Engr.*, G.-B. (fév. 1948), vol. 21, p. 324-328. — Principaux facteurs dont il faut tenir compte dans le conditionnement de l'air de grandes salles, température de l'air, humidité, gradient de température, renouvellement de l'air, vitesse de circulation de l'air. Appareils d'enregistrement ou de régulation de ces différents facteurs. E. 7197. RS. 10-36400 (★).

163-30. **Conditionnement d'air et réfrigération** (Air conditioning and refrigeration) (suite). CLARK (C.); *Heat. Ventil. Engr.*, G.-B. (juin 1948), vol. 21, p. 519-521, fig. — Étude de représentation graphique d'un cycle frigorifique de conditionnement d'air. E. 7197. RS. 10-36415 (★).

164-30. **Dispositifs électroniques de régulation pour installations de conditionnement d'air** (Electronic controls for air conditioning systems). *Heat. Ventil.*, U. S. A. (juil. 1948), vol. 45, p. 67-68, fig. — Appareillage comprenant un thermostat d'ambiance, un modulateur électronique des thermostats des systèmes de distribution et d'immersion, et un relais électronique. E. 7197. RS. 10-36411 (★).

165-30. **Réglage du conditionnement d'air** (Air-conditioning control). *Instruments*, U. S. A. (déc. 1948), vol. 21, p. 1107, n° 1219. — Réglage par commande électrique ou pneumatique de la constance de la température et de l'humidité de l'air. E. 7197. RS. 10-36409 (★).

166-30. **Le conditionnement d'air et la santé du travailleur industriel** (Air conditioning and the health of the industrial worker). BEDFORD (T.); *J. Inst. Heat. Vent. Engrs.*, G.-B. (mai 1949), vol. 17, n° 166, p. 112-132 (discussion p. 133-146), 8 fig., 37 réf. bibl. — Le conditionnement d'air influe non seulement sur le bien-être et la santé du travailleur, mais aussi sur son rendement. Conditions nécessaires pour assurer une bonne ventilation et les conditions de température optima. État actuel des recherches. Notions de température et de chaleur équivalentes, échelles de chaleur, zones de confort, rafraîchissement des locaux en été. Dispositions recommandées. E. 6858 (◇).

167-30. **Chauffage et ventilation de fabriques souterraines** (Heizung und Lüftung unterirdischer Fabriken). HEID (H.), KOLLMAR (A.); *Schweiz. B. Heiz. Lüft.*, Suisse (1947), vol. 14, n° 4, p. 136-142, fig. — Étude du bilan thermique entre la chaleur produite par les ouvriers et les machines et l'air frais amené de l'extérieur, en tenant compte de l'inertie thermique des parois d'épaisseurs considérables. E. 7197. RS. 10-36403 (★).

168-30. **Appareil de contrôle des fumées** (Smoke tester). *Instruments*, U. S. A. (déc. 1948), vol. 21, p. 1118-1119, n° 1244. — Appareil à main destiné à la vérification de la combustion des brûleurs à huile. E. 7197. RS. 10-36287 (★).

ÉCLAIRAGE. INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Insolation. Éclairage naturel.

169-30. **Orientation solaire** (Solar orientation). SCHEICK (W. H.), LINDSAY (D. B.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (6 fév. 1945), vol. 42, n° 25 (Small Homes Council, C 3, 2), 4 p., fig. — Étude de l'orientation à donner à une habitation pour profiter au maximum du soleil, et des aménagements de la construction pour en tirer les bénéfices sans en subir les inconvénients. E. 7065 (◇).

170-30. **Architecture et ensoleillement** (Architectuur en bezonning). GEYL (W. F.); *Bouw*, Pays-Bas (9 juil. 1949), n° 28, p. 488-491, 7 fig. — Description d'un abaque permettant de connaître les heures d'ensoleillement d'une pièce, la partie de la pièce ensoleillée, etc. Mode d'emploi et conséquences à tirer de ses indications pour déterminer notamment les dimensions des fenêtres et l'orientation à donner au bâtiment. E. 6996 (◇).

171-30. **L'évolution des profils de croisillons pour bâtiments à éclairage par le haut** (Die Entwicklung der Sprossenprofile für Oberlicht-konstruktionen). HUNZIKER (A.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (7 mai 1949), n° 19, p. 274-276, 19 fig. — Brève revue des profils qui ont été successivement proposés pour les croisillons supportant les vitrages. Coupes transversales de dix-huit profils différents. Étude détaillée du plus récent dit : « Perfekta », ses avantages. Utilisation pour certaines pièces, de fonte malleable galvanisée, de laiton, etc., galvanisation éventuelle des croisillons, emploi de joints assurant l'étanchéité à l'eau et l'isolation thermique, présence d'un matelas d'air. E. 6268 (◇).

PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET LES ACCIDENTS

Acoustique. Insonorisation. Trépidations.

172-30. **La technique du bruit**. MOLES (A.). *Radio fr.* (sep. 1948), p. 13-17, 9 fig. — Considérations d'acoustique générale sur les sources de bruit, conseils pratiques pour atténuer l'intensité des sources de bruit, étude des procédés qui permettent d'atténuer la propagation des bruits : absorption par transmission et absorption par réflexion. Cas particulier des vibrations mécaniques d'origine industrielle. Montage d'un plancher et d'une poutre dans un immeuble insonorisé. Affaiblissements introduits par divers types de parois. E. 7197. RS. 10-28919 (★).

173-30. **L'insonorisation des ateliers textiles**. FLEURENT (R.); *Industr. Text.*, Fr. (sep. 1948), vol. 65, p. 286-287, fig. — Audibilité des bruits en fonction des fréquences de vibration. Remèdes au bruit : atténuation à la source, conditions de construction diminuant la sonorité des locaux, isolation phonique, protection individuelle. E. 7197. RS. 10-28922 (★).

174-30. **Les bruits dans l'industrie**. BRILLOUIN (J.); *Trav. Sécur.* (mai-juin 1949), n° 3, p. 83-90, 3 fig. — Causes physiques de la sensation sonore, étendue de sensibilité de l'oreille. Décibel, unité d'intensité sonore physique; Phone, unité d'intensité sonore subjective. Courbes de FLETCHER de correspondance entre ces unités pour les différentes hauteurs de son. Nuisance des bruits : masque l'audition, fatigue, surdité. Effet de l'ambiance acoustique. Réalisation de l'isolement sonore. Amélioration de l'acoustique intérieure. E. 7166 (◇).

175-30. **Quelques problèmes acoustiques posés par les installations de distribution d'eau, de chauffage central et de conditionnement d'air**. GRAVE (A. de); *Equip. Tech.* (juil. 1949), n° 21, p. 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 16 fig. — Étude de la lutte contre la production et la transmission de bruits par les canalisations des bâtiments. Procédés applicables aux canalisations des bâtiments, aux canalisations d'eau, aux installations de chauffage central, à leurs moteurs, leurs groupes moto-pompes ou ventilateurs, aux aérothermes, aux installations de conditionnement d'air. E. 7270 (◇).

176-30. **Réduction des vibrations du sol dans les constructions** (Reduction of ground vibrations into structures). CROCKETT (J. H. A.), ROLT HAMMOND (R. E.); *Inst. Civ. Engrs.*, G.-B. (1946-47), 60 p., 62 réf. bibl., 52 fig. — Exposé succinct de la théorie des vibrations libres et forcées et principe de l'amortissement des vibrations. Application de la dynamique des sols à l'étude de la propagation des ondes dans les fondations. Modes d'oscillation des bâtiments. Applications pratiques : cas des constructions rigides ou quasi-monolithiques; constructions présentant une certaine élasticité. De nombreux exemples illustrent les dispositions à prendre pour éviter les dommages causés aux bâtiments de toutes sortes par les vibrations d'origine sismique ou mécanique. E. 6738 (◇).

Protection contre l'incendie.

177-30. **Débites nécessaires pour la protection contre le feu** (Flow requirements for fire protection). HUTSON (A. C.); *J. Amer. Wat. Works Ass.*, U. S. A. (sep. 1948), vol. 40, p. 936-940. — Besoins en eau pour assurer une lutte efficace contre le feu selon la nature du quartier à protéger (habitations ou industrie), selon la surface à couvrir, selon la hauteur à atteindre, etc. La réduction du débit alimentant un système de grignols peut s'envisager, mais elle ne doit pas être trop importante, sous peine de réduire l'efficacité du système. E. 7197. RS. 10-34509 (★).

Protection contre les phénomènes naturels.

178-30. **Sur l'étude des bâtiments et des constructions dans les régions soumises aux séismes** (en russe). *Sborn. Roukov. Mater. Konsult. Stroït.*, U. R. S. S. (1949), n° 3, p. 13-18, 9 fig. — Extrait des conditions techniques publiées par le Ministère du Bâtiment des Entreprises de l'Industrie lourde. Classification des maçonneries d'après leur résistance aux tremblements de terre. Tableaux de dimensions limites. Instruction concernant la construction des fondements, des tuyauteries. Composition des mortiers. E. 6207 (◇).

Protection contre les désordres dus à l'homme.

179-30. **La protection des constructions** (Structural defence). SWINDLEHURST (J. E.); *Struct. Engr.*, G.-B. (juil. 1949), vol. 27, n° 7, p. 295-305, 1 fig. — Étude historique des bombes incendiaires et explosives et de leurs effets sur les constructions, illustrée par le récit du bombardement atomique de Hiroshima et de Nagasaki. E. 6995 (◇).

180-30. **Dimensionnement des abris** (Om dimensionering af beskyttelsesrum). JORGENSEN (A. R.); *Ingeniøren*, Danm. (30 avr. 1949), n° 18, p. 377-385, 17 fig. — Effets des bombes et obus sur les constructions; conclusions tirées de cette étude sur les dimensions à donner aux parois des abris. Effets du feu et de la protection contre les gaz et autres agents chimiques. E. 6527 (◇).

CIRCULATION ET STOCKAGE DES FLUIDES**Canalisations.**

181-30. **Calcul des coudes des canalisations de chauffage** (Die Bemessung von Dehnungsbögen von Heizleitungen). WEBER (A. P.); *Schweiz. Bl. Heiz. Lüft.*, Suisse (1948), vol. 15, n° 1, p. 17. — Formules faisant intervenir les caractéristiques physiques des tubes employés. E. 7197. RS. 10-36253 (*).

182-30. **Réservoirs à buts multiples** (Multiple-purpose reservoirs); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (mars 1949), vol. 75, n° 3, 1^{re} partie, p. 287-390, 21 fig. — (Recueil de 13 mémoires) : 1° M. ELLIOTT : Relation des réservoirs avec le contrôle des inondations et la navigation; 2° E. B. DEBLER : L'évolution de la politique suivie par le « Bureau of Reclamation »; 3° N. W. BOWDEN : Problèmes généraux de construction et de fonctionnement; 4° A. L. COCHRAN : Leur utilisation pour la protection contre les inondations; 5° R. J. PAFFORD : Leur utilisation pour la navigation; 6° W. R. NELSON : Application des dispositions générales à l'irrigation; 7° J. B. THOMAS : Coordination avec l'industrie de la production électrique; 8° R. DE LUCCIA : Influence de la Commission fédérale de l'Énergie sur la construction et l'exploitation; 9° R. DIEFFENBACH : Leur relation avec la préservation des poissons et des animaux sauvages; 10° C. L. WIRTH : Plans pour l'utilisation des réservoirs pour les loisirs; 11° M. BERNARD : Services hydrométéorologiques; 12° D. Mc BRIDE : Participation des États et du Gouvernement fédéral; 13° R. A. HILL : Résumé et revue des principes. Les objectifs des réservoirs sont très variés : lutte contre les inondations, irrigation, aide à la navigation, production d'énergie électrique, etc..., et les exigences des diverses destinations peuvent être contradictoires. Il y a lieu d'adopter des compromis dans chaque cas particulier. Le problème est avant tout d'ordre économique. E. 6960 (◇).

183-30. **Soupapes d'entrée d'air pour tuyauteries en acier** (Air-inlet valves for steel pipe lines). PARMAKIAN (J.); *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A. (juin 1949), vol. 75, n° 6, p. 789-794, 4 fig. — Calcul des soupapes d'entrée d'air (reniflards) pour éviter l'aplatissement des pipelines d'acier sous la pression extérieure. Détermination de la dimension et de l'emplacement des soupapes. E. 6962 (◇).

184-30. **Dimensions des conduites** (Dimensionering af rørledninger). JACOBSEN (S. P.); *Ingeniøren*, Danm. (11 juin 1949), n° 24, p. 507-512, 6 fig. — Présentation d'un abaque universel indiquant le calibre des conduites pour le chauffage central (air et eau) et d'abaques donnant le frottement, la vitesse et la pression. E. 6861 (◇).

Réservoirs.

185-30. **Flambement d'un arc métallique circulaire soumis à une compression radiale uniforme et solidaire d'appuis élastiques régulièrement disposés**. *Tech. Mod.*

Constr. (juil. 1949), t. 4, n° 7, p. 211-212, 4 fig. — Description d'un système de réservoir métallique terminé par une coupole constituée d'une tôle souple simplement posée sur un squelette formé d'arcs rayonnants aboutissant à une ceinture rigide à laquelle se trouve soudée la tôle flottante. Exposé du calcul du flambement de la ceinture circulaire. E. 7118 (◇).

186-30. **Le calcul des réservoirs Intze** (Il calcolo dei serbatoi Intze). BELLUZZI (O.); *G. Genio Civ.*, Ital. (avr. 1949), n° 4, p. 155-160, 4 fig. — Détermination des réactions mutuelles aux jonctions entre les parties cylindrique, tronconique et sphérique, soit à l'aide des coefficients d'élasticité (méthode des forces ou méthode des déformations), soit par les rigidités. Ces méthodes de calcul ont été développées par l'auteur dans une note antérieure. Exemple numérique détaillé. E. 6864 (◇).

187-30. **Les courants vagabonds et la protection des conduites contre la corrosion** (Vagabonderende strømme samt korrosionsbeskyttelse af ledningsnet). MOSE-CHRISTENSEN (A.); *Ingeniøren*, Danm. (2 juil. 1949), n° 27, p. 561-567, 11 fig. — Étude de la protection cathodique des conduites d'eau, de gaz, et électriques contre l'action des courants vagabonds. Avantages de la méthode et exemples pratiques. E. 6973 (◇).

MOYENS DE RÉALISATION**MATÉRIEL ET OUTILLAGE**

188-30. **Eclairage artificiel pour l'achèvement des habitations** (Kunstmatige verlichting bij de afwerking van woningen). SCHWARZ (G.); *Bouw*, Pays-Bas (18 juin 1949), n° 25, p. 420-421, 1 fig. — Étude sur les avantages de l'éclairage artificiel pour l'achèvement des travaux. Tableau des résultats obtenus. E. 6804 (◇).

Matériel de chantier ou d'usine.

189-30. **Le matériel français de travaux publics**. POMMIER (A.); *Travaux* (août 1949), n° 178, p. 369-375, 14 fig. — Après un tour d'horizon technique sur le matériel de travaux publics, sont étudiés les besoins du marché français et les possibilités de production, la question des pièces détachées, le problème de l'exportation et les perspectives d'avenir. E. 7188 (◇).

190-30. **Nouvelles machines à applications multiples pour la construction des maisons** (New multi-purpose machines for house building). VALLINGS (H. G.); tiré de *Master Build.*, G.-B. (mai 1949), 2 p., 6 fig. — Description d'une machine qui prend le mélange au mélangeur, qui le transporte et le met en place; d'une machine à défoncer le sol et transporter les déblais, d'une machine pouvant faire le travail d'une pelle mécanique d'une transporteur de béton, d'un bulldozer, etc... E. 6759 (◇).

191-30. **L'économie du chargement par machine poussante ou « pousseur »** (The economics of pusher loading). PARRACK (H. O.); *Muck Shifter*, G. B. (juin 1949), vol. 7, n° 6, p. 217-223, 4 fig. — On utilise de plus en plus pour les travaux de terrassement des engins montés sur pneumatiques à basse pression. Les chargeuses mécaniques poussantes ou tirantes permettent de réaliser une économie de temps importante. Conditions moyennes d'application pratique. Machines combinées. E. 6855 (◇).

192-30. **La mécanisation dans les travaux de percement de galeries de section minimum** (suite) (Die Mechanisierung in Stollenvortrieben mit Minimalquerschnitt). RODIO (G. V.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (25 juin 1949), n° 26, p. 359-364, 8 fig. III. — Le déblaiement mécanique. Petite benne de galerie SULLIVAN-Joy. Comparaison entre le déblaiement mécanique et le déblaiement à main. Décomposition du temps total de déblaiement et formule de calcul. Exemple pratique. Étude pour chaque groupe de travaux des temps morts et des pertes de temps. Dispositions en vue de l'augmentation du rendement. IV. Matériel roulant: Rails, etc. Wagonnets. Tracteurs. Rails et aiguillages. Équipes de pose de voie. Niches de garage et dispositif d'évitement. Plaque tournante. Transbordeur. E. 6913 (◇).

193-30. **Rouleaux compresseurs à saillies, remorqués** (en russe). VASILBEV (A. A.); *Mech. Stroït.*, U. R. S. S. (1948), n° 8, p. 5-7, 8 fig. — Description et compte rendu des essais d'un rouleau (diam. 1,25 m, long. 1,30 m, poids vide 3 200 kg, avec ballast 5 000 kg, 8 séries de saillies à 16), utilisable pour com-

package des couches de terre remblayée jusqu'à 25-35 cm. Comparaison avec rouleau à surface lisse. Réflexion sur les différentes formes des saillies. Mention d'un type de rouleau « géant ». E. 4681 (◇).

194-30. **Excavateur de tranchées à godets. ET 251** (en russe). CHOFLER (V. B.), ARVAN (M. B.), TIMOFEEV (A. A.); *Mech. Stroït.*, U. R. S. S. (avr. 1949), n° 4, p. 1-5, 10 fig. — Description du nouveau modèle (fabrication russe) remplaçant la construction antérieure, destiné à creuser des tranchées de 2,50 m de profondeur et 0,80 m à 1,10 m de largeur pour pose de conduites d'eau, gaz et naphte; 11 godets de 45 l, moteurs à pétrole 52 CV, 2 chenilles de déplacement, transporteur à ruban de 2,20 m, rendement théorique 135 m³/h, poids 11 600 kg. E. 6712 (◇).

195-30. **Excavateur à rotor** (en russe). VOUKOLOV (A. A.); *Mech. Stroït.*, U. R. S. S. (avr. 1949), n° 4, p. 5-6, 3 fig. — Description et compte rendu des essais. Diesel de 80 CV, sur châssis à chenilles. Roue de 3,24 m de diamètre max. muni de 14 godets de 70 l, creuse tranchée de 1,50 m de profondeur et 1,10 m de largeur à la surface et 0,60 m au fond. Rendement aux épreuves 538 m courants par heure. E. 6712 (◇).

196-30. **Sur la théorie du calcul de l'angle de prise dans les concasseurs à mâchoires.** (en russe). TARASOV (I. P.), LEVENSON (L. B.); *Mech. Stroït.*, U. R. S. S. (1948), n° 8, p. 12-16, 8 fig. — Critique de la méthode de calcul de l'angle de prise entre les deux mâchoires, donnée dans cinq différents manuels. Proposition d'une méthode évitant cette erreur (équilibre des forces de friction et réaction. LEVENSON réfute cette argumentation. On démontre que l'erreur relevée est insignifiante. E. 4681 (◇).

197-30. **Dispositif automatique d'ouverture et de fermeture d'une benne de blondin.** IZAC (P.); *Génie Civ.* (1^{er} août 1949) t. 126, n° 15, p. 286-288, 3 fig. — Description d'un dispositif automatique permettant l'ouverture et la fermeture d'une benne de blondin, en utilisant la puissance disponible sur l'arbre de la poulie de moulage et ses changements de sens de rotation. E. 7239 (◇).

Explosifs.

198-30. **Le tir électrique des mines. Les mesures de prévention.** *Cah. Comit. Prév. Bâtim. Trav. Publ.* (mai-juin 1949), n° 3, p. 22-26. — Insuffisance de la réglementation du tir électrique des mines du point de vue de la sécurité, surtout pour l'emploi du courant électrique de chantier. Prescriptions en vigueur dans les mines; leur adaptation aux chantiers. Suggestions diverses. E. 7192 (◇).

LES CHANTIERS ET LA SÉCURITÉ

199-30. **L'expérience acquise sur les grands chantiers de terrassements et d'ouvrages en béton** (Erfahrungen auf Grossbaustellen für und Betonbauten). PAUCK (K.); *Baupl. Bautech.*, All. (mai 1949), vol. 3, n° 5, p. 159-162, 5 fig. — De l'expérience acquise dans la construction des barrages du Sud-Ouest du Harz on déduit des directives pour l'organisation et l'exploitation des chantiers. Description sommaire des ouvrages; étude de l'organisation des chantiers. Emplacement des diverses

installations, machines et appareils (transporteurs, pelles mécaniques sur rails et sur chenilles grues, locomotives, etc...). Résumé des enseignements de la pratique. E. 6859 (◇).

Sécurité.

200-30. **La Semaine Nationale de Sécurité s'est déroulée à Paris du 13 au 18 juin.** *Cah. Comit. Prév. Bâtim. Trav. Publ.* (mai-juin 1949), n° 3, p. 1-8. — Au cours de cette semaine un rapport a été présenté sur l'étude des moyens propres à guider, stimuler, encourager et soutenir l'activité des Comités d'hygiène et de sécurité. Rappel du rôle et du fonctionnement des Comités. Différents aspects de leur mission : inspections, instruction et propagande, éducation du personnel. E. 7192 (◇).

201-30. **Les manutentions donnent lieu à de nombreux accidents.** *Cah. Comit. Prév. Bâtim. Trav. Publ.* (mai-juin 1949), n° 3, p. 9-12. — Étude des accidents possibles dans les manutentions. Cas des pièces lourdes manutentionnées individuellement ou collectivement. Cas de pièces élastiques et de matériaux coupants ou piquants. E. 7192 (◇).

202-30. **Dans les machines à bois, la réduction du nombre d'accidents pose un problème de la plus haute importance.** *Cah. Comit. Prév. Bâtim. Trav. Publ.* (mai-juin 1949), n° 3, p. 13-21, 8 fig. — Étude du pourcentage d'accidents provoqués par les diverses machines à bois. Exposé des types d'accidents provoqués par scies circulaires, scies à ruban, toupies, dégauchisseuses, raboteuses. E. 7192 (◇).

203-30. **Mesures préventives et curatives contre la maladie des caissons.** *Génie Civ.* (1^{er} sep. 1949), t. 126, n° 17, p. 331-332. — Analyse d'un article de MM. H. JORGER et Th. RIEDISER dans *Bautechnik* d'avril 1949 relatif à l'immersion de caissons de fondation à 27 et 30,50 m à Kiel sans aucun trouble incurable pour les ouvriers. On attribue ce résultat à la stricte observation de l'Ordonnance allemande du 29 mai 1935 sur les travaux à l'air comprimé. Exposé des mesures prises pour éviter le coup de pression. E. 7513 (◇).

204-30. **La sécurité dans le travail (suite).** *Ardoise* (juil.-août 1949), n° 107, p. 10-11, 4 fig. — Conseils relatifs à la pose des échafaudages au-dessus des parties vitrées, à l'utilisation des plateaux démontables, des échafaudages volants, aux tringles de sécurité, au prolongement et à la réunion des plateaux, à la hauteur des plateaux, à leur encombrement, à l'emploi de cordages spéciaux, à l'utilisation des produits corrosifs sur les plateaux. Conditions d'emploi des autres types d'échafaudages volants et des échafaudages spéciaux (tubes d'acier, échelles verticales). E. 7334 (◇).

205-30. **Équipement de sécurité** (Rigged for safety). STEWART (W. R.); *Safety Engng.*, U. S. A. (juil. 1948), vol. 95, p. 36-37, 49-50, fig. — Charges admissibles des câbles, crochets et poulies. Suggestions concernant le choix et l'entretien des crochets à émerillon et à ceillet, des paliers à rouleaux et des coussinets. E. 7197. RS. 10-37170 (*).

206-30. **La signalisation dans les locaux d'habitation** (Residential signals). SCHUHLER (A. A.); *Electr. Constr. Maint.*, U. S. A. (oct. 1948), vol. 47, p. 64-65, 96, 3 fig. — Revue de dispositifs de signalisation et de communication, y compris les sécurités automatiques. Détecteurs thermostatiques d'incendie, systèmes avertisseurs, etc. E. 7197. RS. 10-37164 (*).

LES OUVRAGES

ÉLÉMENTS D'OUVRAGES

207-30. **Assemblage pour boulons d'éléments en béton armé** (Bolzenverbindungen für Stahlbeton Fertigteile). SORETZ (S.); *Ces.terr. Bauz.*, Autr. (avr. 1948), vol. 3, p. 57-59, 6 fig. — Résultats d'essais. E. 7197. RS. 10-35443 (*).

ÉLÉMENTS PORTEURS

Verticaux.

208-30. **Cheminées et foyers** (Chimneys and fireplaces). KONZO (S.), LENDRUM (J. T.), HINCHCLIFF (K. H.), HARRIS (W. S.). *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (3 nov. 1945), vol. 43, n° 17 (Small Homes Council, F 7, 0), 8 p., fig. — Comment obtenir des cheminées efficaces, de dimensions appropriées, offrant des garanties de sécurité. Mêmes problèmes en ce qui concerne les foyers, cependant considérés comme un luxe. E. 7065 (◇).

Horizontaux.

209-30. **Etude de plafonds en béton donnant des poussières** (Study of dusty concrete ceilings). FELD (J.). *J. A. C. I.* (ACI Proc., vol. 45), U. S. A. (mai 1949), vol. 20, n° 9, p. 673-678, 5 fig. — Dans un groupe d'environ 250 maisons à deux étages, on a constaté que les plafonds du premier étage, coulés sur des coffrages en bois comprimé, donnaient des poussières. Les essais effectués ont prouvé que cela était dû à une substance résineuse acide sur la paroi du coffrage. Après un premier emploi du coffrage ce défaut a disparu du fait, semble-t-il, de la neutralisation de la substance par la première application. E. 6912 (◇).

210-30. **Contribution à l'étude de la flexion déviée ou le problème de la flexion des poutres asymétriques en béton armé**. TRETON; *Ing.-Constr.* (juil.-août 1949), t. 32, p. 4403-4405, 4407-4408, 7 fig. — Après avoir établi la relation liant l'angle de deux directions conjuguées dans l'ellipse d'inertie aux moments d'inertie simple et composé, on applique cette relation pour résoudre par approximations successives le problème de la flexion déviée simple des sections asymétriques ou des sections symétriques pour lesquelles le plan de flexion ne coïncide pas avec un plan de symétrie; on montre que deux essais d'une inclinaison de l'axe neutre suffisent en général pour déterminer par interpolation ou extrapolation l'inclinaison qui annule les erreurs d'angle révélées par l'application de la relation linéaire démontrée. Exemples numériques d'application. E. 7119 (◇).

211-30. **Lignes d'influence pour les poutres en arc de cercle, courbées horizontalement, avec extrémités encastées** (Influence lines for horizontally curved fixed-end beams of circular-arc plan). MOORMANN (R. B. B.), TATE (M. B.); *Univ. Missouri Bull.* (10 oct. 1947), vol. 48, n° 26 (Engng series n° 35), 39 p., 21 fig. — Formules pour calculer les ordonnées des lignes d'influence pour les moments et les efforts tranchants dans une poutre à section rectangulaire courbée en arc de cercle et encastée. Tableaux et graphiques donnant les lignes d'influence pour les moments fléchissants, les moments de torsion et les efforts de cisaillement vertical pour 6 types de poutres définies par leur rapport rigidité de torsion/rigidité de flexion, et pour des arcs sous-tendus de 60, 90, 120, 150 et 180°. Exemples. E. 6742 (◇).

212-30. **Des poutres en béton de 60 t supportent six étages et le toit** (Sixty-ton concrete girders support six stories and roof). METZ (C. A.); *Concrete*, U. S. A. (juin 1949), vol. 57, n° 6, p. 3-6, 8 fig. — Dans une usine à Chicago, pour laisser au rez-de-chaussée liberté de manœuvre aux camions, le premier étage n'a pas été porté sur des poteaux, mais suspendu à de grosses poutres formant le deuxième étage et supportant les quatre étages supérieurs. Ces poutres en béton armé ont une portée de 13,70 m, 2 m de haut et 0,76 m de large. E. 6927 (◇).

213-30. **Dalles nervurées en béton lourd et béton léger** (Rippenplatten aus Schw. und Leichtbeton). LEGRUM (R.); *Baupl. Bautech.*, All. (mai 1949), vol. 3, n° 5, p. 150-152, 163, 8 fig. — Procédé nouveau de fabrication de plateaux minces,

légers et d'une résistance statique élevée. L'installation nécessaire à la fabrication est peu coûteuse. Les fers d'armature sont fixés sans glissement possible et protégés contre la corrosion. On peut utiliser des bétons légers et poreux. Résultats d'essais. Avantages. E. 6859 (◇).

214-30. **Propriétés des matériaux expérimentaux à base de bois pour planchers de maisons d'habitation** (Properties of experimental woodbase house flooring materials). H. H. F. A., Forest Prod. Lab., U. S. A. (nov. 1948), n° 11, 18 p., 5 fig. — Étude des propriétés physiques et mécaniques (abrasion, absorption d'eau, roulement, charges concentrées, etc.) de trois revêtements pour planchers : panneaux en fibre avec bandes minces de bois dur, collées en place; carreaux en résidus de bois fortement comprimés et agglomérés aux résines phénoliques. Propriétés variables d'un revêtement à l'autre, parfois supérieures, parfois inférieures aux propriétés des bois durs couramment utilisés pour les parquets. E. 6748 (◇).

215-30. **Soulèvement des carreaux de plancher en terre cuite et béton** (The lifting of clay and concrete floor tiles). B. R. S., G.-B. (juin 1949), n° 7, 3 p., 4 fig. — Note sur un accident fréquemment signalé : le soulèvement des carreaux de plancher en terre cuite posés sur un lit de béton. L'accident se produit toujours, soit peu de temps (9 mois max.) après la pose, soit après un froid intense. Précautions pour l'éviter : 1° interposer une couche de sable entre le béton et le mortier dans lequel on scelle les carreaux; 2° revêtir le béton d'une couche de mortier de ciment à surface très lisse, disposer par-dessus un papier ou un feutre, puis poser les carreaux sur lit de mortier aussi mince que possible. E. 6953 (◇).

Inclinés.

216-30. **Questions économiques concernant les toitures métalliques** (Economics of steel roofing), Mc CONNEL (S.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (mai 1945), p. 100-103, 16 fig. — Étude de la possibilité d'obtenir des toitures économiques avec portées et des écartements de fermes accrues. Dispositions de fermes à utiliser. Types de hangars pour aérodromes. E. 7212. Traduction I. T. 214, 10 p. (◇).

217-30. **Les toitures en aluminium à joint debout**. *Tech. Mod. Constr.* (juil. 1949), t. 4, n° 7, p. 219-220, 3 fig. — Description d'un système de couverture en aluminium sur voligeage ou sur hourdis dont on relève les bords longitudinaux et en réalisant une double agrafe en reliant les bords deux fois sur eux-mêmes. E. 7118 (◇).

218-30. **Chevrans en béton moulé en forme de tuiles** (Spun-concrete tile rafters). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (août 1949), vol. 24, n° 8, p. 181, 2 fig. — L'avantage de ce type de toiture inventée par P. W. ABELES, réside dans le fait que la charpente et la couverture du toit étant d'un seul tenant, aucune charpente de bois n'est nécessaire. Application d'un procédé de construction analogue en Yougoslavie. E. 7220 (◇).

219-30. **Voûtes plates** (Flache Gewölbe und Kappen). ABDANK (R.); *Baupl. Bautech.*, All. (mai 1949), vol. 3, n° 5, p. 137-141, 14 fig. — Calcul abrégé des voûtes plates d'après le procédé des lignes d'appui. Sécurité contre l'effondrement des voûtes élancées, non renforcées, en maçonnerie et possibilité de les améliorer efficacement par un renforcement au sommet au moyen d'une chape en béton. Formules d'évaluation rapide et leur discussion. E. 6859 (◇).

ÉLÉMENTS PORTEURS

Cloisons et remplissages. Panneaux.

220-30. **Propriétés physiques et détails de construction des panneaux expérimentaux pour maisons, du type sandwich avec âme en nid d'abeilles** (Physical properties and fabrication details of experimental honeycomb-core sandwich house panels). H. H. F. A., U. S. A. (fév. 1948), n° 7, 25 p., 14 fig. — Agen-

cement général du bâtiment d'essai (trois pièces) comportant, sur une fondation en béton, des murs, des planchers et une toiture en panneaux sandwich de trois types différents : moitié des ondulations normales aux faces; ondulations parallèles aux faces; ondulations perpendiculaires aux faces, ces dernières étant de qualités diverses. Caractéristiques physiques du papier, non traité et traité aux résines phénoliques, utilisé pour la fabrication des âmes en nid d'abeilles. Détails de fabrication et de montage des panneaux et assemblages. Projet de bâtiment à 4 pièces. E. 6750 (◇).

221-30. **Exemples numériques pour le calcul des plafonds en béton armé** (Berechnungsbeispiele für Decken im Stahlbetonbau). STIEDA (W.); *Bautech. Hefte Studium Praxis*, All. (jan. 1949), n° 3 (série 3), 7 p., 4 fig. — Ed. : Industr. Handel, Walter Dorn, Brême, All. — Commentaire sommaire des normes officielles pour le calcul des plafonds en béton armé et en briques hourdies. Description de différents systèmes de plafonds, surtout des modèles « Wenko » et « Leipzig » qui ne nécessitent pas de coffrage; 6 exemples numériques. E. 6945 (◇).

Menuiseries.

222-30. **Propriétés de quatre portes expérimentales du type de niveau** (Properties of four experimental flush-type doors). H. H. F. A., Forest Prod. Lab., U. S. A. (août 1948), n° 10, 8 p., 4 fig. — Examen de quatre modèles de portes planes avec cadre en bois et remplissages variés : âme en balsa et faces en contre-plaqué; âme en fibre forme emballage-œufs et placage bois dur; âme en fibre ondulée et faces en placage dur; âme en tubes de fibre et faces en contreplaqué. Par rapport au type de porte normal, rigidité toujours supérieure, autres qualités (chocs, absorption d'eau) égales ou inférieures. E. 6747 (◇).

Treillages. Clôtures. Mains courantes.

223-30. **Clôtures en béton (suite)** (Concrete fences), PENNINGTON (A. M.); *Concr. Build. Concr. Prod.*, Londres (juil. 1949), vol. 24, n° 7, p. 147-149, 3 fig. — Clôtures composées de poteaux et de panneaux. Poteaux courants et poteaux d'angle. Panneaux ornementaux. Panneaux d'une seule pièce. Pour s'adapter aux dénivellations, les rainures des poteaux sont faites plus longues et après pose l'excédent est rempli. E. 6915 (◇).

224-30. **Clôtures en béton (suite)** (Concrete fences), PENNINGTON (A. M.). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (août 1949), vol. 24, n° 8, p. 175, 177, 3 fig. — Description et caractéristiques de clôtures constituées soit par des poteaux de béton encadrant des murs en blocs de béton, soit par des poteaux de béton et des panneaux de bois. E. 7220 (◇).

OUVRAGES LIÉS DIRECTEMENT A LA VIE DE L'HOMME

HABITATIONS

225-30. **Nouveaux systèmes de construction** (Nieuwe bouw-systemen), *Bouw*, Pays-Bas (11 juin 1949), n° 24, p. 409-410, 3 fig. — Description de nouveaux systèmes de construction employés aux Pays-Bas, et statistique du nombre d'habitations construites suivant chaque système dans les différentes provinces, au 1^{er} mai 1949. — E. 6736 (◇).

Conditions générales et dépendances.

226-30. **Le garage et la maison**. BECHMANN (R.). *Maison Franc.* (juil. 1949), vol. 3, n° 30, p. 39-44, 19 fig. — Description de quelques dispositions particulièrement intéressantes adoptées pour la construction de garages privés : garage-remise, garage-buanderie, garage-salle-de-jeux (plans et reproductions photographiques). E. 7238 (◇).

Habitations individuelles.

227-30. **Sols de béton pour maisons sans fondations** (Concrete floors for basementless houses). BAREITHER (H. D.), LENDRUM (J. T.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (10 août 1948), vol. 45, n° 73 (Small Homes Council, F 4, 3), 4 p., fig. — Construction de sols de béton pour assurer l'étanchéité à l'eau et l'isolation thermique. Isolation plus ou moins complète du rebord suivant le climat. E. 7065 (◇).

228-30. **Comment choisir le plan de votre maison** (Designing the home. How to select a plan). LAING (A. K.), LENDRUM (J. T.), LINDSAY (D. B.), SCHEICK (W. H.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (26 juin 1945), vol. 42, n° 45 (Small Homes Council, C2, 1), 8 p., fig. — Étude des besoins auxquels doit répondre l'habitation, et des éléments qui doivent guider le choix d'un plan. E. 7065 (◇).

Habitations collectives.

229-30. **L'unité d'habitation Le Corbusier**. WOGENSCKY (A.); *Tech. Mod. Constr.* (juil. 1949), t. 4, n° 7, p. 202-210, 19 fig. — Description de l'unité d'habitation de Marseille groupant 321 appartements à deux étages, dont la salle commune a la hauteur des deux étages. Description des dispositions diverses. Types différents d'appartements. Description des huit services communs à l'immeuble. Circulation. Construction sur pilotis dégageant le rez-de-chaussée. E. 7118 (◇).

230-30. **La vie dans une maison de verre** (Life in a glass house). *Concr. Quarterly*, G.-B. (mai 1949), n° 6, p. 18-19, 4 fig. — Cette construction qui a l'apparence d'une immense boîte en verre et en aluminium a été édifiée à Portland, Oregon, pour un bâtiment à usage de bureaux. Elle a une hauteur de onze étages et couvre une surface de 1860 m². Conditionnement d'air, Isolation des murs, etc. E. 7146 (◇).

AUTRES OUVRAGES DESTINÉS A L'INDIVIDU

Cultes et monuments.

231-30. **L'église catholique de Würenlos, canton Aargau** (Die katholische Kirche in Würenlos, Kt. Aargau). MOSER (A.); *Schweiz. Bauzig.*, Suisse (4 juin 1949), n° 23, p. 323-326, 6 fig., 4 fig. h. t. — Église entièrement en béton, construite en 1936-37. Forme rectangulaire, extrémités arrondies. 500 places. Fenêtres sur toute la hauteur en éléments carrés, en béton préfabriqué. Plafond en forme de voûte de 8 cm d'épaisseur, 20 m de portée, avec tirants et revêtement intérieur en contreplaqué. E. 6717 (◇).

Savoir.

232-30. **Groupe scolaire à Brighton (Angleterre)**. NOVGORODSKY (L.), GAIN (L.); *Tech. Trav.* (juil.-août 1949), n° 7-8, p. 205-210, 14 fig. — Description du groupe scolaire de Brighton, construit sur un terrain en pente. Construction avec ossature en béton et poteaux préfabriqués, avec solives et dalles de toiture. E. 7376 (◇).

233-30. **Constructions scolaires. Instruction spéciale du 30 mars 1949 se rapportant aux salles spécialisées et aux ateliers de l'Enseignement Technique**. *Constr. Mod.* (août 1949), n° 8, p. 299-306, 6 fig. — Après une introduction sur le domaine d'application des instructions, sont indiquées les dispositions générales d'implantation des ateliers, les exigences principales pour les surfaces, l'éclairage, le chauffage, la force motrice, les sols et planchers, les aciers et dégagements, bureaux, magasins, installations sanitaires, etc. En annexe sont données des précisions sur l'aménagement des locaux particuliers aux diverses écoles. E. 7347 (◇).

Loisirs.

234-30. **La piscine couverte de la Sauvenière à Liège**. Aumont (E.); *Tech. Trav.* (juil.-août 1949), n° 7-8, p. 194-204, 20 fig. — Description d'un bâtiment de sept étages comportant une piscine scolaire et un grand bassin situés au-dessus du niveau du deuxième étage de l'immeuble. Les autres parties de l'immeuble comportent une gare routière au rez-de-chaussée, des bains publics, un restaurant, etc. Description des détails d'installation. E. 7376 (◇).

235-30. **La piscine de l'Empire à Wembley** (Empire swimming pool at Wembley). BROWNIE (D.); *Wat. Sewage*, Canada (sep. 1948), vol. 86, p. 36-38. — Caractéristiques de construction de cette piscine et de l'installation de purification et de désinfection de l'eau. E. 7197. RS. 10-33204 (*).

236-30. **Le confort atmosphérique dans les salles de spectacles**. GRUZELLE (R.). *Constr. Mod.* (août 1949), n° 8, p. 275-279, 2 fig. — Étude de la ventilation simple des salles de spectacles, de la ventilation combinée avec le chauffage, de la ventilation combinée avec le chauffage et l'humidification, c'est-à-dire, le conditionnement d'air. E. 7347 (◇).

OUVRAGES D'UTILITÉ PUBLIQUE

Alimentation en eau.

237-30. Forages horizontaux dans les roches tendres (Horizontale Bohrungen in Lockergesteinen), FEHLMANN (H.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (11 juin 1949), n° 24, p. 333-335, 9 fig. — Applications. Exploitation des eaux de fondation lorsqu'il s'agit de grosses quantités d'eau. Rendement beaucoup plus grand que dans le cas des puits verticaux. Nouvelle méthode de création d'un courant d'eau de fondation par projection horizontale souterraine. Description d'un forage horizontal de 38 m de longueur en dessous d'un ruisseau. E. 6788 (◇).

238-30. Recherches sur le comportement statique des conduites forcées situées dans la roche de Soverzene (Ricerca sul comportamento statico delle condotte forzate in roccia di Soverzene). OBERTI (G.); *Energ. Elettr.*, Ital. (mars-avr. 1949), vol. 26, n° 3-4, p. 179-188, 27 fig. — Étude photo-élastométrique sur modèles en celluloid et bakélite, en vue de déterminer les conditions de résistance et de déformabilité de deux conduites forcées jumelées, de 2,60 m de diamètre intérieur, comportant chacune une armature de béton armé de 20 cm d'épaisseur, et un pré-revêtement en béton simple de 40 cm d'épaisseur en contact avec la roche calcaire. Dispositif expérimental; détermination des isoclines et des isostatiques avec une seule ou deux conduites en charge; contraintes. E. 6708 (◇).

Hygiène publique.

239-30. Filtres pour épuration des eaux résiduaires (Tropfkörper zur Reinigung von Abwasser). IMHOFF (K.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (30 avr. 1949), n° 18, p. 253-255, 3 fig., 30 réf. bibl. — Historique rapide de l'épuration des eaux résiduaires. Filtre biologique de CORBETT (1893), son principal avantage; forte réduction de la surface nécessaire. On constata ensuite qu'on pouvait beaucoup augmenter la charge: de 5 habitants on passa à 20 habitants par mètre cube de masse filtrante. Après la guerre on profita des résultats obtenus aux États-Unis. Aéro-filtres de MONTGOMERY. Filtres à deux étages de JENKS. Filtres fermés à aération artificielle: Angleterre, Afrique du Sud, Suède. Causes des bons résultats de ces filtres. E. 6223 (◇).

240-30. Les fosses septiques (Septic-tank systems). LEHMANN (E. W.); *Univ. Illinois Bull.*, U. S. A. (16 juin 1947), vol. 44, n° 62 (Small Homes Council G 5, 5), 6 p., fig. — Fonctionnement du système. Description. Différents modèles et installation. Entretien. E. 7065 (◇).

240 a-30. Egouts publics. Construction. DUBOSCH (Ch.). Ed.: *Technique des Travaux*, Paris (jan. 1939), 1 vol., 477 p., nombr. fig. — Ouvrage traitant après des généralités sur les projets d'égouts et sur l'établissement des cahiers des charges, de l'exécution des fouilles et terrassements, des fondations, des canalisations en tuyaux de grès et de béton, des égouts en maçonneries et des siphons, des cheminées et trous de lampe, des bouches d'égout, de la ventilation et des déversoirs d'orage, du matériel de vannes; clapets, portes, grilles, désintégrateurs, des dispositifs de chasse, des ouvrages de désablage, des débouchements d'égouts, de l'élévation des eaux vannes et de l'exploitation des égouts. E. 7314 (◇).

241-30. La jonction Nord-Midi. Son caractère hydraulique et le problème des égouts. DE LE COURT (F.); *Sci. Tech.* (1949), n° 6-7, p. 115-119, 5 fig. — Description de la situation topographique et géologique de Bruxelles. État des travaux de collecteurs souterrains. E. 7258 (◇).

242-30. Progrès dans la technique sanitaire (Advancement of sanitary engineering). *Proc. A. S. C. E.*, U. S. A., vol. 75, n° 6, p. 795-808; **Ramassage et élimination des ordures** (Refuse collection and disposal), p. 809-820, 2 fig. — Rapports du « Committee of the Sanitary Engineering Division ». — Directives en matière de technique sanitaire. Action des Administrations gouvernementales, des Services militaires, des Ingénieurs sanitaires dans les organisations commerciales. Nécessité des recherches sanitaires. Ramassage par les services municipaux. Matériel. Incinération. Épandage. Autres méthodes. Incorporation des débris végétaux aux eaux d'égouts. E. 6962 (◇).

Génie rural.

243-30. Plan d'aménagement définitif du périmètre irrigable d'Orléansville Oued Fodda (fin). GRANGER (F.); *Terrres-Eaux* (jan.-fév.-mars 1949), n° 6, p. 58-72, 14 fig. — Descriptions

et profils des conduites du Cheliff, du Sly. Problème de l'irrigation de la zone des Medjajas-Warnier. Equipements des périmètres de Lamartine, d'Oued Fodda et de Vauban-les-Attafs. Mise en place d'un dispositif de contrôle d'exploitation et de commande à distance. Dispatching. Échelonnement des travaux. E. 7450 (◇).

OUVRAGES INTÉRESSANT L'ACTIVITÉ DE L'HOMME

OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX

Production.

243 a-30. Calcaires canadiens pour la construction (Canadian limestones for building purposes). GOUNGE (M. F.); *Depart. Mines*, Canada (1933), n° 733, 1 vol., 196 p., nombr. fig. Ed.: F. A. Acland, U. S. A. — Généralités sur les calcaires. Étude géographique détaillée des carrières du Canada, par provinces. Prospection, exploitation, taille. Durée et agents de dégradation. Statistique. E. 7014 (◇).

244-30. Une usine à gaz toute récente pour Londres (An all-new gas-works for London). *Concr. Quarterly*, G.-B. (mai 1949), n° 6, p. 4-7, 6 fig. — La nouvelle usine à gaz construite à Ponders End est en grande partie construite en béton. Le béton y est même employé pour des constructions qui jusqu'ici étaient exécutées avec d'autres matériaux. Description des différentes parties de l'usine. E. 7146 (◇).

245-30. Le nouvel établissement des Ateliers Bossi (Il nuovo stabilimento delle officine Bossi). MASI (F.); *Costr. Metall.*, Ital. (mars-avr. 1949), n° 2, p. 7-11, 8 fig. — Construction d'un atelier d'un seul tenant, de 127,50 m × 74,47 m (trois ponts roulants intérieurs et 1 grue extérieure) couvert par des sheds à 45° et éclairé en outre par un vitrage latéral de 2 m de haut sur tout le pourtour. Pylônes à âme pleine; fermes tubulaires entièrement soudées. On a eu largement recours au soudage électrique semi-automatique. E. 6914 (◇).

246-30. Deux nouveaux bâtiments industriels (Zwei neuere industrielle Bauten). LUTHI (M.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (11 juin 1949), n° 24, p. 338-340, 7 fig., 4 fig. h. t. — Magasin de la coopérative suisse MSK à Zürich. Bâtiment avec squelette en béton armé 18 cm d'épaisseur, planchers en béton armé 18 cm pour 1 500 kg/m² surcharge, 6 étages, stockage de farine. Usine de bonneterie à Zürich, 4 étages et caves. Béton armé, plaque de fondation sur toute la surface, en raison du terrain peu résistant. Plafonds en béton armé. E. 6788 (◇).

247-30. Bâtiments industriels (Industrial building). FRANKEL (R.); *Arch. J.* (14 avr. 1949), vol. 109, n° 2827, p. 339-345, fig. — Dessins et détails de construction d'un nouvel atelier construit à Birmingham et d'une usine à câbles à Risca (Galles du Sud). E. 6713. P 111/82 (+).

Retenue d'eau et production d'énergie.

Hydraulique.

248-30. Solutions graphiques de l'hydraulique suivies d'exemples (Graficka reseni ve vodnim hospodarstvi a stavitelstvi s prikklady). JEZDIK (Th.); *Ustav nadzri vyuziti vodni energie*, Tchecosl. (1948), 42 p., 2 fig., 53 fig. h. t. — Étude graphique des barrages, digues et travaux hydrauliques. Courbes fondamentales (courbe de débit en fonction de la profondeur de l'eau, des pertes de charge dans les tuyaux, des surfaces et volumes inondés, etc...) et courbes déduites de celles-ci, en particulier courbes de durée des différents phénomènes hydrauliques. Résolution à l'aide de celles-ci des principaux problèmes hydrauliques: durée de vidage, effet d'un barrage de sécurité, volume du réservoir de réserve, quantité d'eau nécessaire pour l'énergie exigée, plan économique d'un ouvrage hydro-électrique, choc de l'eau dans les tuyaux, dimensions des ouvertures, etc... E. 4543 (◇).

Barrages et digues.

249-30. Installations de chantier du barrage de Lumiei (Impianti di cantiere della diga del Lumiei). BERARDO (A.); *Energ. elettr.*, Ital. (oct.-nov. 1948), vol. 25, n° 10-11, p. 559-569, 13 fig. — Disposition générale des chantiers. Travaux d'exca-

vation. Caractéristiques du béton utilisé. Schémas et caractéristiques des divers chantiers de concassage des roches pour agrégats, de criblage, de préparation du mortier et de transport du mortier sur le barrage. Le cheminement des matériaux dans ces installations placées à flanc de coteau a lieu presque exclusivement par gravité. E. 6521 (◇).

250-30. La construction des barrages en montagne. Application des méthodes américaines de construction. Extr. *Wasser Energiewirtschaft* (oct.-nov. 1948), p. 129-135, 5 fig. — Étude des problèmes posés par la construction de barrages à haute altitude : transport et logement du personnel, alimentation convenable; choix des moyens de transport : routes, téléferiques; importance du transport d'un gros tonnage de ciment; alimentation en agrégats dont le tonnage représente dix fois celui du ciment; comparaison des blondins et des portiques pour desservir le chantier. Innovations américaines concernant le ciment à faible échauffement tendant à réduire le retrait. Choix entre barrage-poids et barrage-voûte. Réalisation des barrages par étapes successives. Conditions et durée du travail en haute montagne. Programme de construction des barrages. Facteurs du prix de revient. Conclusions. E. 7240. Trad. E. d. F.; 677, 11 p. (■).

251-30. L'usine. Barrage de Seyssel. DELATTE (P.); *Rev. Gén. Hydraul.* (jan.-fév. 1949), n° 49, p. 3-17, 15 fig. — Nécessité de compenser les éclusées du barrage de Génissiat. Composition du sous-sol où doivent être fondés les éléments du barrage de Seyssel. Causes déterminantes du choix de l'emplacement. Description et procédé d'établissement des ouvrages : masque étanche, tête d'écluse, passes de barrage à hausses, passe déchargeur à vanne levante, radiers, parafoilles, pont de manœuvre et chariot de manœuvre des hausses, batardeau à fermettes en amont des hausses. Phases d'exécution des travaux, procédés mis en œuvre (fondations à l'air comprimé, pont de service, blondin). Équipement hydroélectrique de l'usine (alternateurs, turbines, vanne d'entrée des turbines, groupe Diesel de secours). E. 7190 (◇).

252-30. Etude de la surface d'écoulement des grands barrages. SMETANA (J.); *Rev. Gén. Hydraul.* (jan.-fév. 1949), n° 49, p. 19-31, 20 fig. — Étude critique du calcul donné par CREAGER des trajectoires des courbes supérieure et inférieure de la lame déversante d'un grand barrage. Équation proposée pour le tracé à donner à la courbe aval du mur déversoir. Profils étudiés par l'Institut hydrotechnique de Prague-Podbaba pour trois grands barrages-réservoirs prévus à surface d'écoulement sans dépression. Coefficient de déversement d'un déversoir à surface sans dépression en fonction de la hauteur de déversement. Remarques concernant les grandes hauteurs de déversement, la construction pratique de la surface d'écoulement, le parement aval des grands barrages à vannes mobiles, l'utilisation généralisée des surfaces de déversoir sans dépression. Résumé. E. 7190 (◇).

253-30. Barrage des Beni-Bahdel. Etanchement de la fondation de l'évacuateur de crues. GAUTIER (M.); *Terres-Eaux*, Algér. (jan.-fév.-mars 1949), n° 6, p. 13-22, 8 fig. — Des résurgences ont été constatées à l'aval de l'évacuateur de crues du barrage des Beni-Bahdel. Après recherche des causes, on a réalisé l'étanchement par un rideau sous l'ouvrage, exécuté par injections dans des forages placés de 5 m en 5 m et inclinés de 45° à partir de l'amont de l'ouvrage. E. 7450 (◇).

254-30. Conduite des Beni-Badhel à Oran. Les souterrains. MOLIN (P.); *Terres-Eaux*, Algér. (jan.-fév.-mars 1949), n° 6, p. 45-55, 15 fig. — Description des travaux du souterrain de la Tafna destiné à acheminer sur le Nord les eaux du barrage des Beni-Badhel. Souterrain de 11 373 m à profil circulaire ou à profil rectangulaire suivant la nature du terrain, état actuel des travaux. Description sommaire des autres souterrains de la conduite d'Oran. E. 7450 (◇).

255-30. Le barrage du Ghrib et le périmètre irrigable du Haut-Chelif. THEVENIN (J.); *Terres-Eaux*, Algér. (juil.-août-sep. 1949), n° 7, 45 p., 31 fig., 3 pl. h. t. — Cette étude examine le périmètre du Haut-Chelif, la retenue et le plein d'eau, l'aspect géologique, le barrage proprement dit, la consolidation des terrains par injection et drainage, le masque étanche, le déversoir, les ouvrages accessoires, l'usine électrique, les abords du barrage et l'aménagement du site, l'utilisation du barrage, la station de pompage de Lavigerie, l'influence sur l'économie algérienne. E. 7519 (◇).

256-30. Le barrage de Foun El Gherza. DUQUESNOY (M.); *Terres-Eaux*, Algér. (juil.-août-sep. 1949), n° 7, 40 p., 59 fig. — Description des travaux de captation des eaux de l'Oued El Abiod de la chaîne des Aurès. Hydrologie. Géologie. Description du barrage de 65 m. Implantation. Calcul du barrage voûte. Étude

des déversoirs, des vidanges de fond et des prises d'eau. Organisation du chantier. Construction de cités pour le personnel. Installations diverses du chantier. Composition du béton. Description des travaux. E. 7519 (◇).

257-30. Modernisation du barrage de Poses (1939-1949). BLOSSER (M.); *Tech. Mod. Constr.* (juil. 1949), t. 4, n° 7, p. 191-197, 14 fig. — Le barrage de Poses était à cinq passes profondes et deux passes déversoirs fermées par des rideaux Caméré. Après certaines destructions de la guerre les rideaux Caméré ont été remplacés par des vannes-toits. Caractéristiques des ouvrages et exécution des travaux. E. 7118 (◇).

258-30. L'étude des courbes de remous. Application au remous du barrage de Valensole sur l'Isère. ABDOLEZER (M.); *Génie Civ.* (1^{er} sep. 1949), t. 126, n° 17, p. 326-329, 2 fig. — On rappelle les méthodes d'étude des remous : méthode des profils équivalents, méthode de BAKHMETEFF. Comparaison des méthodes et détermination des caractéristiques hydrauliques. Résultats de l'étude faite pour le barrage de Valensole. E. 7513 (◇).

259-30. Le barrage de Claerwen (Claerwen dam). *Engineering*, G.-B. (8 juil. 1949), vol. 188, n° 4876, p. 49, 1 fig. — Description rapide des travaux du barrage de Claerwen, et notamment du mode d'assemblage des blocs de béton. E. 6993 (◇).

260-30. Surélévation de la digue de Lages, Rio de Janeiro (Heightening the Lages dam, Rio de Janeiro). *Engineering*, G.-B. (8 juil. 1949), vol. 168, n° 4354, p. 25-27, 36, 9 fig. — L'accroissement considérable du débit a obligé à percer de nouveaux tunnels de prise d'eau. L'entrée de ces tunnels a été excavée à la base de l'ancien barrage, dans la maçonnerie de celui-ci, à une profondeur de 34 et 45 m. L'opération s'est faite derrière un caisson en acier appliqué avec joints en bois sur la face amont du barrage. Une installation sanitaire pourvue d'un sas était prévue pour le traitement des asphyxies éventuelles dans le caisson. E. 6979 (◇).

Centrales.

261-30. L'activité du groupe Edison dans le domaine des constructions hydroélectriques de 1936 à aujourd'hui (suite) (L'attività del Gruppo Edison nel campo delle costruzioni idroelettriche dal 1936 ad oggi). *Energ. Elettr.*, Ital. (mars-avr. 1949), vol. 26, n° 3-4, p. 145-178, 48 fig. — Plans, schémas et caractéristiques principales des ouvrages suivants : centrale sur les torrents Liro et Livo; centrales sur la rivière Mera et le torrent Liro (réservoirs du Spluga, du Nero di Suretta Emet, du Nero di Angeloga, du Truzzo, du lac Forato, du lac Nero; dérivations pour la centrale de Mese; centrales des chutes I et II du Mera); installations sur le Bitto (centrales de l'Inferno Trona, de Gerola Alta, de Pedesina, de Regoledo). E. 6708 (◇).

262-30. L'usine hydroélectrique de Plons-Mels (Das Kraftwerk Plons-Mels). CAFLISCH (A. L.), FETZ (K. J.), SCHUEPP (W.), OSTERTAG (A.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (9 juil. 1949), n° 28, p. 387-392, 14 fig. — Description générale de l'installation. Travaux préparatoires. Plans et profil. Le bassin de retenue (capacité 500 000 m³) à l'altitude de 1 030 m, comporte une digue Nord (124 m de long, 20 m haut) et une digue Est (143 m long, 12 m haut). Diamètre de la conduite forcée : décroissant de 60 à 50 cm. Longueur : 1 636 m. E. 6994 (◇).

Transports d'énergie. Sous-stations. Câbles électriques.

263-30. Sur un nouveau mode de pose des câbles électriques souterrains en campagne et leur traversée du Rhône à Genève. BOURQUIN (R.); *Bull. Tech. Suisse Romande* (13 août 1949), n° 17, p. 213-221, 15 fig. — Description des travaux de pose de câbles de 3 × 150 mm² sous plomb pesant 16,2 kg/m, y compris la traversée du Rhône. Procédés mécaniques d'exécution de la tranchée, de remblaiement et de tirage du câble. Fabrication des dalles de protection. Tranchée exécutée au dragline dans le lit du fleuve. Tirage du câble au moyen de pontons. Coût des travaux. E. 7336 (◇).

BATIMENTS PUBLICS

Fonction.

Radiodiffusion.

264-30. Problèmes d'acoustique dans la construction de studios de radiodiffusion (Acoustic problems in studio design). NIXON (G. M.); *Electronics*, U. S. A. (mai 1948), vol. 21, p. 86-89, 5 fig. — Étude des bruits produits à l'extérieur et à l'intérieur

du studio. Prescriptions concernant l'insonorisation du local vis-à-vis des bruits. Mode de réalisation de la ventilation de la salle; aménagement général du local (tapisserie, etc.). Quelques schémas du mode de construction des parois absorbantes. E. 7197. RS. 10-28920 (★).

265-30. Isolation sonore des studios de radiodiffusion (Noise isolation in broadcast studios). LEDBETTER (J. B.); *Radio electron. Engng.*, U. S. A. (juil. 1948), vol. 11, p. 6-8, 4 fig. — On décrit la construction des plafonds, du plancher et de murs dans les studios de radiodiffusion dans le but de réduire les effets des sons venant de l'extérieur. Les fenêtres, les portes, le système de conditionnement d'air doivent être également traités de façon particulière. E. 7197. RS. 10-28921 (★).

VOIES DE COMMUNICATION ET TRAVAUX A LA MER

Voies routières.

266-30. Les problèmes routiers aux Etats-Unis. BOUTET (D.); *Rev. Gén. Routes* (août 1949), n° 211, p. 1-34, 88 fig. — Historique du développement des routes américaines, situation actuelle, les déficiences et les besoins futurs, en exemple l'Etat d'Orégon. Commentaire sur le programme d'avenir établi par comptage et statistique. Examen du problème de stationnement, point de vue financier et inquiétudes d'avenir relatives à l'évolution des prix, l'augmentation éventuelle du poids des essieux, le nombre et l'importance des accidents. Conclusions. E. 7415 (◇).

267-30. Les matériaux routiers (I materiali stradali). ARIANO (R.). Ed. : G. G. Görlich, Milan, Ital. (juin 1948), 1 vol., 481 p., nombr. fig., 550 réf. bibl. — L'ouvrage comprend 3 parties : 1° Caractéristiques des sols pour soubassements et fondations, talus et remblais, sols stabilisés et routes en sols stabilisés; 2° Caractéristiques physico-chimiques des pierres, leurs normes, forme et dimensions des éléments en pierre; 3° Liants : goudrons, bitumes, émulsions, asphaltes, ciment. E. 7526 (◇).

267-30. Le réseau routier suédois. COLLETT (J.); *Via*, n° 7, p. 41-46, 14 fig. — Catégorie de routes du réseau suédois, leur kilométrage. Types de revêtements utilisés. Méthodes employées pour l'entretien des routes. Circulation. Accidents. Frais de construction et d'entretien. Évolution du réseau, état actuel, programmes de travaux. E. 7122 (◇).

268-30. Influence de la végétation sur le tassement des routes (The effect of vegetation on the settlement of roads). CRONEY (D.), LEWIS (W. A.); *Inst. Civ. Engrs.* (Proc. Conf. Biology Civ. Engrs), G.-B. (21, 22-23 sep. 1948), p. 195-222, 8 fig. — Mouvements de la surface des routes causés par les changements de volume de l'argile de l'infrastructure. Influence de la sécheresse prolongée sur les routes. Enquête sur les dégâts causés par la végétation aux routes du Sud de l'Angleterre (urbaines et rurales). Conclusions déduites de l'enquête : inconvénients des arbres à croissance rapide plantés près des routes, surtout pour les routes urbaines; les autres plantes ne causent de dommages sérieux qu'en cas de très grande sécheresse. Discussion. E. 7046 (◇).

269-30. Procédés nouveaux d'entretien des chaussées. TROUS (E.); *Rev. Gén. Routes* (juil. 1949), n° 210, p. 56-57, 1 fig. — Exposé du procédé LEROUX permettant de régénérer sur place les liants vieillies. Détermination du champ d'application. E. 7414 (◇).

270-30. Les recherches sur les goudrons routiers en Grande-Bretagne. LONSDALE (Th.); *Rev. Gén. Routes* (juil. 1949), n° 210, p. 47-53, 18 fig. — Exposé des recherches faites en Grande-Bretagne pour satisfaire d'une part aux besoins de l'heure actuelle et d'autre part à ceux de l'avenir. Actuellement les conditions sont : un juste dosage de goudron, le choix d'un goudron de viscosité convenable, un travail bien exécuté. Pour l'avenir, on étudie sur des routes expérimentales le choix et le vieillissement des goudrons, de même que le vieillissement artificiel au laboratoire. E. 7414 (◇).

271-30. Calcul des épaisseurs de revêtements pour routes et pistes d'envol (Computation of road and runway thickness). *Highw. Bridge Aerod.*, G.-B. (29 juin 1949), vol. 16, n° 782, p. 4, 6, 1 fig. — Comparaison des résultats obtenus par diverses méthodes (Armée, Aéronautique, Canada, Service des routes, méthode triaxiale). Résistance des composants bitumineux et asphaltiques. Influence de la température. E. 6977 (◇).

272-30. Procédés d'application des revêtements goudronneux (Tar spraying methods). ASHTON (H.); *Highw. Bridges Aerod.*, G.-B. (3 août 1949), vol. 16, n° 787, p. 5-6. — Les points

principaux concernant l'application des revêtements goudronneux sont les suivants : saison au cours de laquelle doit avoir lieu l'application; prix de revient des matériaux; procédés appliqués. Intérêt de la mécanisation des travaux sur le chantier. E. 7243 (◇).

273-30. Problèmes routiers danois et nouvelles constructions de routes (Danske vejproblemer og nyere vejbygning). VALEUR-MELLER (S.); *Ingeniøren*, Danm. (25 juin 1949), n° 26, p. 537-541, 6 fig. — Étude des problèmes posés par l'augmentation de la circulation sur les routes danoises et des solutions à apporter pour satisfaire les exigences de rapidité et de sécurité. Problème de la circulation cycliste. E. 6974 (◇).

Voies ferrées.

273-30. La technique moderne de construction des voies ferrées (Modern rail-road structures). DISNEY (Ch. P.), LEGGET (R. F.). Ed. : Mc Graw-Hill Book Co., Ltd, Londres, G.-B. (1949), 1 vol., 213 p., 152 fig., 80 réf. bibl. — Application de la mécanique des sols aux travaux de construction des voies ferrées; étude des ponts de chemins de fer (métalliques et en béton), plaques tournantes. Un chapitre est consacré à la réparation des ouvrages en béton et en maçonnerie. Méthodes nouvelles pour la construction en béton. E. 7577 (◇).

274-30. La traverse « Zofra » en béton élastique (El durmiente « Zofra » de hormigon elastico). FRANJETIC (Z.); *Hormigon Elastico*, Buenos Aires (jan. 1949), n° 1, p. 20-26, 7 fig. — Conditions à remplir par une bonne traverse. Le béton armé ordinaire ne convient pas. Description de la traverse « Zofra ». Comparaison sur 24 qualités différentes nécessaires à la traverse, les mérites respectifs : 1° de la traverse idéale, parfaite; 2° de la traverse en bois; 3° de la traverse métallique; 4° de la traverse en béton élastique. Un dessin donne les vues latérales et les coupes de neuf types successifs de traverses en ciment ou béton. Poids des matériaux nécessaires pour une traverse. E. 6814 (◇).

Ports.

275-30. Travaux du Comité des docks et du port de la Mersey (à suivre) (Work of the Mersey Docks and harbour Board). *Engineer*, G.-B. (1^{er} juil. 1949), vol. 188, n° 4875, p. 2-4, 7 fig. — Reprise des travaux d'aménagement de la Mersey pour l'accès au port de Liverpool (interrompus par la guerre). Remise en état de l'écluse et du dock de Gladstone-Hornby, très endommagés par les bombardements. Détails d'un grand batardeau en charpente métallique établi à l'extrémité Sud du dock. E. 6938 (◇).

276-30. Travaux du Conseil d'Administration des Docks et du Port de la Mersey, II (suite) (Work of the Mersey docks and harbour board, II). *Engineer*, G.-B. (8 juil. 1949), vol. 188, n° 4876, p. 35-37, 9 fig. — Description des plans d'aménagement et de modernisation des installations portuaires de la Mersey, à l'occasion de la réparation des dommages de la guerre. E. 6993 (◇).

277-30. Etude théorique sur les dimensions optima d'un avant-port en modèle réduit. ROUVILLE (A. de); *Ann. Ponts Chauss.* (jan.-fév. 1949), n° 1, p. 1-18, 10 fig. — Résultats obtenus sur modèle réduit d'un bassin réuni par un pertuis à un avant-port accessible par une passe. On a fait varier la nature de la houle, la largeur de la passe, la disposition de la côte de part et d'autre de la passe et l'orientation des jetées fermant l'avant-port; on a étudié successivement les effets de la variation, la largeur de l'entrée, ceux de la variation de longueur de l'avant-port, d'un décalage de l'axe de navigation, de l'orientation du rivage encadrant la passe, de la convergence des jetées, de l'orientation d'une jetée transversale. E. 7364 (◇).

278-30. Le nouveau port de Port-Elizabeth (Union Sud-Africaine). LARRAS (J.); *Travaux* (août 1949), n° 178, p. 333-336, 9 fig. — Description des travaux d'installation du nouveau port. Implantation et tracé des ouvrages. Brise-lames de défense extérieure en blocs à talus. Quais et terre-pleins en blocs arrimés sur fondations de béton. Outillage d'exploitation. Projets d'extension. E. 7188 (◇).

Voies navigables.

279-30. Un siècle d'activité de l'Administration des Ponts et Chaussées, dans le domaine des voies hydrauliques (à suivre) (Een Eeuw bedrijvigheid van het Bestuur van Bruggen en Wegen op het gebied der Waterwegen). WILLEMS (G.), BUIJS (A.), CAULIER (A.), BLOCKMANS (J.); *Ann. Trav. Publ.*

Belg. (avr. 1949), 2^e fasc., p. 99-127, 22 fig., 2 pl. h. t. (résumé en français, p. 127-131). — Exposé de la situation du réseau de voies navigables belges à la veille de l'indépendance, évolution de 1830 à 1914, réseau des voies navigables de 1918 à nos jours. Programme de grands travaux comportant la modernisation du canal de Charleroi à Bruxelles, l'amélioration de la Basse-Sambre entre Charleroi et Namur, l'amélioration de la Meuse liégeoise, le canal Albert. E. 7215 (◇).

280-30. Un siècle d'activité de l'Administration des Ponts et Chaussées dans le domaine des voies hydrauliques (fin) (Een Eeuw bedrijvigheid van het Bestuur van Bruggen en Wegen, op het gebied der Waterwegen). WILLEMS (G.), BIJLS (A.), CAULIER (A.), BLOCKMANS (J.); *Ann. Trav. Publ. Belg.* (juin 1949), 3^e fasc., p. 259-278, 13 fig. (résumé français, p. 279-286). — L'examen de l'activité de l'Administration des Ponts et Chaussées se termine par l'exposé du programme de modernisation du réseau de voies navigables, puis par la description des installations des ports d'Anvers, Gand, Zeebrugge, Bruges et Ostende, des barrages réservoirs et enfin du Laboratoire de Recherches Hydrauliques des Ponts et Chaussées. E. 7140 (◇).

281-30. La canalisation de la partie hongroise de la Tisza. MOSONYI (E.); *Travaux* (août 1949), n° 178, p. 359-364, 8 fig. — Étude du projet de canalisation de la Tisza avec réalisation de plusieurs retenues en vue de la navigation, de l'irrigation et de la production d'énergie électrique. E. 7188 (◇).

282-30. La canalisation du Sio. PALMAI (S.); *Travaux* (août 1949), n° 178, p. 365-368, 10 fig. — Le Sio évacue dans le Danube les eaux du lac Balaton. Exposé du projet tendant à rendre le Sio navigable et description des premiers travaux exécutés à la sortie du lac. E. 7188 (◇).

283-30. Régulation du ressaut hydraulique par des seuils (Control of the hydraulic jump by sills). FORSTER (J. W.), SKRINDE (R. A.); *Proc. A. S. C. E., U. S. A.* (avr. 1949), vol. 75, n° 4, p. 469-483, 7 fig. — Le ressaut hydraulique est utilisé pour dissiper l'énergie en excès et éviter l'érosion et aussi pour des opérations de mélange et d'aération. Le ressaut peut être formé par des seuils placés sur le fond du canal, mais si ceux-ci ne sont pas convenablement établis, le courant passe simplement en vague par-dessus le seuil et le ressaut perd son efficacité. Étude du fonctionnement des seuils, conditions d'établissement. Accord des résultats expérimentaux et de la théorie. E. 6961 (◇).

284-30. Canal avec revêtement de béton (Canal con revestimento de hormigon). *Cemento Portland*, Argent. (fév.-mai 1949), n° 18-19, p. 10-11, 6 fig. — Une petite partie est en forme de tube fermé (zone urbaine), le reste à ciel ouvert en forme de trémie (largeur en haut : 7,42 m); épaisseur du béton : 15 à 30 cm. Longueur actuelle : 20 km; finale : 50 km. Joints de dilatation. E. 6978 (◇).

285-30. L'emploi des portes à secteur dans les ouvrages de navigation intérieure. DUMAS (F.); *Tech. Trav.* (juil.-août 1949), n° 7-8, p. 223-256, 53 fig. — Avantages des portes à secteur par rapport aux portes roulantes, aux portes levantes. Dispositions générales des portes de l'écluse de Flandres à Saint-Omer et description des dispositifs d'articulation, d'étanchéité et de manœuvre. Essais sur modèle réduit de ces portes. Résultats et conclusions. E. 7376 (◇).

Bateaux et ouvrages les intéressant directement.

286-30. Observations sur le tracé des rideaux et des voiles d'ancrage cylindriques. CHARLOT (G.); *Travaux* (août 1949), n° 178, p. 343, 3 fig. — Possibilité d'exécuter un ancrage à l'extrémité de quais palplanchés à supports paraboliques ancrés à des rideaux circulaires. Solution au moyen d'un rideau de racordement cylindrique. E. 7188 (◇).

287-30. Dock flottant en béton armé (Dique Flotante de Hormigon Armado). *Cemento Portland*, Argent. (fév.-mai 1949), n° 18-19, p. 2-6, 9 fig. — Dock de 6 000 t de capacité portante, construit sur des en béton armé dans une dépression voisine du fleuve, inondée ensuite pour permettre la sortie du dock. Composition du béton. Montage et détail des armatures. E. 697 (◇).

Aérodromes. Bases d'hydravions.

288-30. Les effets des moteurs à réaction sur les revêtements bitumineux (Effect of jet planes on asphalt surfacing). *Shell Petrol. Cny Ltd* (Bitumen Depart.) (20 mai 1948), Airfield Circ. n° 3, 7 p. — Étude de l'effet des gaz des moteurs à réaction sur les divers revêtements et sur les moyens de réduire ces effets. E. 7301, Traduction S. T. B. A., n° 654 (◇).

289-30. Les bases pour hydravions. PASCAL (M.). *Via*, n° 7, p. 73-80, 17 fig. — Reprise de l'intérêt pour les hydravions. Caractères du plan d'eau nécessaire. Dégagement et balisage. Installations pour le mouillage, le service des passagers, l'entretien des appareils. Améliorations projetées. E. 7122 (◇).

290-30. Les essais de la CAA (Civil Aeronautics Administration) fournissent des données qui permettront une amélioration des méthodes de construction des aéroports (CAA tests provide data for improved airport design). *Amer. Avial.* (15 déc. 1948), vol. 12, n° 14, p. 36-37, 2 fig. — Exposé des divers essais. Détermination de la teneur en eau du sol par l'emploi d'une cellule poreuse contenant un élément électrique chauffant et un dispositif de mesure de la température et qui permet d'apprécier la teneur en eau par l'importance de la dissipation de chaleur. Essais de nombreuses compositions pour obtenir une stabilisation convenable et à bon marché des sols. Essais sur le mode de transmission des charges au sol. E. 7303. Traduction S. T. B. A., n° 713 (◇).

291-30. Evolution de la méthode C. B. R. de détermination des revêtements souples pour application aux terrains d'aviation (Development of CBR flexible pavement design method for airfields). *Proc. A. S. C. E., U. S. A.* (jan. 1949), vol. 75, n° 1, p. 3-104, 48 fig. (Recueil de 13 mémoires). — Au début de la deuxième guerre mondiale, le Génie américain a adopté pour constituer le sol des terrains d'aviation une méthode empirique dite C. B. R. ou méthode californienne, appliquée par le Service des Routes de l'État de Californie. L'adaptation de cette méthode aux conditions de la guerre fait l'objet des mémoires ci-après : 1^o G. Mc FADDEN, Th. B. PRINGLE : évolution et cadre de l'enquête; 2^o O. J. PORTER : évolution de la méthode initiale pour les projets de grandes routes; 3^o T. A. MIDDLEBROOKS : adaptation aux projets de revêtement des terrains d'aviation. 4^o W. H. JERVIS, J. B. EUSTIS : procédure adoptée pour les essais C. B. R.; 5^o O. J. PORTER : section d'essai n° 1, Stockton Field, Calif.; 6^o R. HANSEN : essais de comportement en service; 7^o J. M. GRIFFITH : essais relatifs à la charge sur roues; 8^o J. F. REDUS : autres essais en trafic accéléré; 9^o C. R. FOSTER : courbes de calcul pour charges sur une seule roue; 10^o W. K. BOYD, C. R. FOSTER : courbes de calcul pour ensembles multiroues très chargées; 11^o Appréciation de la méthode C. B. R. La méthode ainsi évoluée est considérée comme donnant des résultats dignes de foi malgré ses limitations, ce qui ne veut pas dire qu'une méthode plus rationnelle ne soit pas souhaitable. E. 6959 (◇).

292-30. Aéroports civils à systèmes de piste unique (Civile lufthavne med enkeltbanesystemer). THAYSEN (E. H.); *Ingeniøren*, Danm. (28 mai 1949), n° 22, p. 453-461, 12 fig. — Étude des différentes combinaisons possibles pour l'aménagement des bâtiments et du réseau de pistes en vue d'assurer la sécurité et le meilleur emploi possible du terrain. E. 6698 (◇).

OUVRAGES D'ART

Souterrains.

293-30. Usines hydroélectriques souterraines (Underground hydro-electric power stations). JAEGER (Ch.), *Civ. Engrg. Publ. Works Rev.*, G.-B. (déc. 1948-jan.-fév. 1949). — Examen des problèmes posés dans les centrales souterraines. Étude de quelques centrales. Divers types d'installations : avec canal de fuite à écoulement libre; avec canal de fuite à cheminée d'équilibre; avec deux cheminées d'équilibre, l'une en amont, l'autre en aval. E. 7335, p. 415 (◇).

294-30. La ventilation et l'éclairage des centrales souterraines (La ventilazione e l'illuminazione delle centrali in caverna). RITTER (C.). *Energ. Eleltr.*, Ital. (mai 1949), vol. 26, n° 5, p. 254-256, 4 fig. — Conditions à remplir par la ventilation. Circuits de ventilation. Distribution de l'air frais par le plafond. Courbes d'humidité. Conditions d'un bon éclairage. Éclairage indirect. Éclairages des appareils de mesure. Peinture claire des murs. Lampes fluorescentes. E. 6916 (◇).

295-30. Usine hydroélectrique de Lumiei. Mode d'exécution de la galerie de dérivation et de la centrale (Impianto idroelettrico del Lumiei. Modalità esecutive della galleria di derivazione e della centrale). BRAI (L. di); *Energ. eleltr.*, Ital. (déc. 1948), n° 12, p. 642-655, 22 fig. — Galerie de dérivation circulaire de 2,6 m de diamètre et 4 168 m de long : profil géologique et hydrologique du terrain; revêtement en béton armé ou non;

types d'armature; injections de ciment dans le sol. Puits piézométrique d'équilibrage : détails de l'armature. Description de la conduite forcée en acier coulé de 766 m de long. Établissement des maçonneries de la centrale, avec galerie d'accès à section ovale, de 9,40 m de haut à deux étages. E. 6522 (◇).

Ponts.

296-30. **Peinture pour ponts et traitement des défauts** (Bridge painting and treatment of defects). *Highw. Bridges Aerod.* G.-B. (27 juil. 1949), vol. 16, n° 786, p. 4. — Selon les causes de la corrosion les procédés appliqués pour la remise en état peuvent être soit manuels, soit mécaniques. Il y a lieu de considérer la corrosion simple et superficielle, la corrosion due aux infiltrations d'eau et celle due aux actions chimiques. Traitements appropriés à chacun de ces cas. E. 7169 (◇).

297-30. **Note sur les ponts-rails soudés du réseau de la Société Nationale des Chemins de Fer Belges.** DESPRETS (R.); *Ann. Trav. Publ., Belg.* (août 1949), 4^e fasc., p. 395-405, 12 fig., 1 pl. h. t. — Description de quelques travaux de ponts-rails soudés du réseau belge. Tabliers de Kwaadmechelen, charpente de la plateforme de la nouvelle gare de Bruxelles-Midi représentant un poids de 2 500 t. E. 7523 (◇).

Ponts-poutres.

298-30. **Le nouveau pont sur la Dardagna** (Il nuovo ponte sul Dardagna). RINALDI (G.); *Corr. Costr., Ital.* (5 mai 1949), n° 18, p. 6, 2 fig. — Remplacement d'un pont-route détruit par explosion pendant la guerre. Un projet a été écarté parce que trop coûteux (27 000 000 de liras, emploi de cintres spéciaux); un autre, le plus avantageux (18 000 000 de liras), parce qu'il utilisait le béton précontraint, dont les formalités d'approbation auraient été trop longues et qu'aucune firme n'aurait été en mesure de soumissionner. Le projet réalisé comporte 5 poutres continues en ciment armé distantes de 1,625 m : il y a deux travées centrales de 28,80 et deux demi-travées de 13,20 m. L'acier d'armature représente 85 kg/m² de béton. Devis : 26 000 000 de liras. L'auteur regrette que la procédure compliquée d'approbation ait empêché l'emploi très avantageux du béton précontraint. E. 6417 (◇).

299-30. **Manuel pratique pour les ponts métalliques simplement supportés** (Code of practice for simply supported steel bridges). *Joint Comm. Instr. Civ. Engrs, Instr. Struct. Engrs* (1949), 73 p., 32 fig. — Méthode d'étude, charges et efforts dont il y a lieu de tenir compte; détails de construction : poutres à âme pleine, poutres triangulées, matériaux utilisés. Organes d'assemblage. Travaux de montage. En annexe : charges normales et anormales des ponts de chemin de fer. E. 6869 (◇).

Ponts-arcs.

300-30. **La reconstruction du pont d'Argenteuil.** MAURIN (G.); *Ann. Ponts Chauss.* (jan.-fév. 1949), n° 1, p. 55-69, 12 fig. — Le pont d'Argenteuil comporte trois travées de 61 et 66,4 m de portée formées d'arcs en acier 54 articulés aux naissances. Tablier en dalle armée. Piles et culées en béton. Fondations des culées sur caissons en béton armé foncées par havage. Fondations des piles sur caissons en béton armé construits sur place. Relevé de la travée de rive côté d'Argenteuil. E. 7364 (◇).

Ponts suspendus.

301-30. **L'évolution des ponts suspendus. Nouveau type à poutre axiale et à câble unique.** LEINEKUGEL LE COQ (G.); *Génie Civ.* (15 août 1949), t. 126, n° 16, p. 306-308, 7 fig. — Historique des dispositions adoptées pour les ponts suspendus depuis 1827, les ponts à transbordeur, les ponts système Giscard, les ponts à trois articulations avec câbles, les ponts suspendus cantilever à auto-ancrage et description du nouveau type de pont à poutre axiale et à câble unique dans lequel l'effet des surcharges dissymétriques est équilibré par un câble parabolique placé sous le tablier et relié par des tiges aux extrémités des consoles que forme le tablier; l'effet du vent est annulé par des câbles horizontaux placés dans le tablier et de tracé polygonal. E. 7307 (◇).

302-30. **Le pont suspendu Bailey** (The Bailey suspension bridge). BONDY (O.). *Engineering*, G.-B. (24 juin 1949), vol. 167, n° 4352, p. 577-581, 17 fig. — Construction d'un pont suspendu dans l'Est des États-Unis pour des besoins militaires. Charge utile : cinq véhicules de 12 t chacun. Portée : 122 m. Détails d'exécution des travaux. E. 6868 (◇).

Ponts à caractéristiques spéciales.

303-30. **Le pont basculant en aluminium de Hendon Dock, port de Sunderland (Angleterre).** *Tech. Trav.* (juil.-août 1949), n° 7-8, p. 217-222, 13 fig. — Description d'un pont basculant en aluminium de 36,92 m de portée entre tourillons, pour voie ferrée et chaussée. Alliage d'aluminium du type « 17 S ». Rivets en acier doux placés dans des trous recouverts d'une couche de chromate de zinc. Mécanisme de contrôle des travées mobiles et dispositif de verrouillage automatique du joint. E. 7376 (◇).

304-30. **Utilisation des éléments de pont « Bailey » pour les poutres en ciment armé** (Utilizzazione degli elementi di ponte « Bailey » per travate di cemento armato). RINALDI (G.); *G. Genio Civ., Ital.* (avr. 1949), n° 4, p. 178-179, 1 pl. h. t. — Pour remplacer les ponts détruits par les Allemands, les Alliés ont établi des ponts provisoires « Bailey » qu'il y a lieu maintenant de remplacer par des ponts permanents. On propose d'utiliser les éléments « Bailey » des ponts démontés pour constituer l'armature des ponts nouveaux en béton armé. Avantages économiques de ce procédé, précisé par des dessins pour deux ponts : l'un de 15 m, l'autre de 27 m de portée. E. 6864 (◇).

INCIDENCES EXTÉRIEURES

RECONSTRUCTION

305-30. **La reconstruction de Nimègue** (Nijmegen bouwt op), *Bouw*, Pays-Bas (16 juil. 1949), n° 29, p. 497-516, 30 fig. — Étude historique de la ville et de son évolution, des destructions de la guerre et des plans de reconstruction. Exécution et réalisations. Tunnel de sortie vers l'Ouest. Port sur le Rhin. E. 7039 (◇).

II. — TRADUCTIONS

D'ARTICLES TECHNIQUES EFFECTUÉES PAR L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

200. **Fissures à la partie inférieure d'un mur de béton** (Sprickor i. Betongmurs underkant). HOLMBERG (A.); *Belong*, Suède (mars 1948), p. 144-149. — Un mur de béton fondé sur une assise rigide se fissure à la base sous l'influence du retrait contrarié et des variations de température. Formule approchée donnant la déformation maximum d'où on déduit la longueur critique d'un mur qui ne doit pas se fissurer. On peut aussi déterminer la section d'armatures néces-

saire pour limiter les fissures à une valeur donnée. E. 7105, 8 p.

214. **Questions économiques concernant les toitures métalliques** (Economics of steel roofing), Mc CONNER (S.); *Civ. Engng.*, U. S. A. (mai 1945), p. 100-103, 16 fig. — Étude de la possibilité d'obtenir des toitures économiques avec portées et des écartements de fermes accrues. Dispositions de fermes à utiliser. Types de hangars pour aérodromes. E. 7212, 10 p.

III. — BIBLIOGRAPHIE

Les analyses d'ouvrages mentionnés dans la bibliographie figurent au chapitre I, sous le numéro indiqué en tête de chaque ouvrage.

55 b-30. **Aide-mémoire Dunod. Travaux Publics**. COURBERG (J.). Éd. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris-VI^e (1949), 66^e édit., 1 vol. (10 × 15 cm), 460 p., nombr. fig. — Cette nouvelle édition de l'aide-mémoire « Travaux Publics » est divisée en deux parties suivies d'un formulaire et de tables numériques. La première partie consacrée aux généralités comprend les six chapitres suivants : I. — Résistance des matériaux et formules usuelles. II. — Terrassements. Prix de revient. Explosifs. Outillage pneumatique. Epaissements. III. — Matériaux de construction. Pierres, briques, chaux, ciments, plâtre, mortier, bétons, maçonneries. IV. — Métaux, fer, fonte, aciers. V. — Bois. VI. — Hydraulique souterraine et écoulement des eaux. La deuxième partie traite des Travaux Publics proprement dits et les sept chapitres traitent les sujets suivants : I. — Topographie. Terrassements. Fondations. II. — Rivières et canaux. III. — Ports maritimes. IV. — Routes. V. — Ponts. VI. — Travaux municipaux. VII. — Exécution et règlement des Travaux Publics. Le formulaire annexe rappelle les formules d'arithmétique, de trigonométrie, de géométrie, donne pour les nombres de 1 à 1 000 les carrés cubes, racines carrées et cubiques, inverses, logarithmes, circonférences et surfaces de cercles, puis les lignes trigonométriques des angles en degrés et enfin quelques renseignements divers. E. 7607.

55 c-30. **Traité de mathématiques**. MERCIER (A.). Éd. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris-VI^e (1949), t. I, 1 vol. (15,5 × 24 cm), 876 p., nombr. fig. — Ce traité établi d'après les programmes des Ecoles Nationales des Arts et Métiers contient dans le t. I : un rappel d'algèbre et de trigonométrie, le calcul vectoriel, le calcul différentiel, les séries, la géométrie analytique et la géométrie descriptive. Il comporte 400 exercices théoriques ou techniques. Les dix chapitres qui le composent sont classés en deux parties. Dans la première partie le chapitre I étudie le calcul algébrique, la fonction linéaire, les équations et inéquations du 1^{er} degré à 1, 2, 3 inconnues, les déterminants, la fonction trinôme du 2^e degré et les équations ou inéquations correspondantes à 1 inconnue, les progressions et logarithmes décimaux, les fonctions trigonométriques, la dérivée d'une fonction d'une variable et son application. Le chapitre II consacré aux géométries, vectorielle, analytique (droite et plan) et projective, étudie, après des généralités, les opérations élémentaires sur les vecteurs et applications, la géométrie analytique (droite et plan), les torseurs, les transformations géométriques et la géométrie projective. Dans la 2^e partie le chapitre III traitant les fonctions d'une variable réelle, la dérivée et la différentielle étudie après des généralités la différentielle d'une fonction et le calcul des dérivées, les fonctions usuelles. Le chapitre IV examine le développement en série d'une fonction d'une variable, les for-

mules de développement en série entière, les fonctions analytiques, les applications des développements en série entière, le développement en fonction trigonométrique ou de FOURIER, le développement en séries de fonctions. Le chapitre V traite des fonctions vectorielles d'une variable scalaire et les applications. Dans le chapitre VI est faite l'étude infinitésimale et le tracé des courbes planes ou gauches. Le chapitre VII donne des monographies de courbes planes ou gauches : cercle, coniques, courbes unicursales, épicycloïdales, courbes résultant de deux mouvements sinusoidaux, courbes de définition polaires, courbes gauches. Dans le chapitre VIII sont étudiées les fonctions de plusieurs variables indépendantes, les maxima et minima. Le chapitre IX traite de la géométrie analytique des surfaces courbes : quadriques, surfaces réglées, de révolution, complexes et congruences. Le chapitre X et dernier étudie la géométrie descriptive appliquée aux surfaces courbes. E. 7608.

66-30. **Les couleurs et leur perception visuelle**. BOUMA (P. J.). Éd. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris-VI^e (1949), 1 vol. (16,5 × 23,5 cm), 348 p., 113 fig. — Cet ouvrage est une introduction à l'étude scientifique des excitations et des sensations de couleur. Après une introduction au rôle du soleil et de l'œil, aux objets colorés, au rôle du nombre 3 dans les couleurs et de sa signification physiologique, un chapitre étudie la notion de brillance. On expose ensuite le mode de représentation plane appelé triangle des couleurs, puis la représentation des couleurs dans l'espace et les lois de GRASSMANN, puis le système de coordonnées X Y Z de l'Association Internationale de l'Éclairage (C. I. E.) et ses propriétés, le calcul des couleurs suivant ce système. On étudie ensuite quelques lumières et couleurs spéciales. On traite de la calorimétrie par les méthodes objectives et subjectives et on examine les anomalies du sens des couleurs. On montre l'évolution historique de la théorie des couleurs. Un chapitre traite des valeurs de seuil. Un autre donne des précisions au sujet des sensations chromatiques. Le dernier chapitre est consacré aux domaines d'application, à la technique de l'éclairage, aux applications commerciales et à la reproduction des couleurs. En appendice se trouvent des tableaux de valeurs numériques, des listes de notations et symboles et une abondante bibliographie. E. 7112.

273 a-30. **La technique moderne de construction des voies ferrées** (Modern railroad structures). DISNEY (Ch. P.), LEGGET (R. F.). Éd. : Mc Graw-Hill Book Co., Ltd, Aldwych House, Londres, W. C. 2, G.-B. (1949), 1 vol. (19 × 25,5 cm), 213 p., 152 fig., 80 réf. bibl. — Application de la mécanique des sols aux travaux de construction de voies ferrées. Ponts de chemins de fer : métalliques, en béton préfabriqués. Voies pour ponts de chemins de fer. Un chapitre est consacré à l'étude des plaques

ournantes. Un autre étudie la question de la réparation des ouvrages en béton et en maçonnerie; un dernier chapitre expose les méthodes nouvelles utilisées dans la construction en béton. E. 7577.

43 a-30. **La topographie des voies de communication** (Route survey). SKELTON (R. R.). Éd. : Mc Graw-Hill Book Cny, Ltd., Aldwych House, Londres, W. C. 2 (1949), 1 vol. (11,5 × 18,5 cm), 531 p., nombr. fig. — Historique de la construction des routes aux U. S. A. et exposé des méthodes de reconnaissance du terrain en vue de l'établissement des routes et des lignes de chemins de fer. Relevés topographiques préliminaires, choix du tracé, étude des courbes : circulaires, composées, paraboliques, etc... Un chapitre est consacré aux travaux de terrassement, un autre à la législation relative aux voies de communication. Les deux derniers chapitres tracent des relevés topographiques pendant la construction et des aiguillages, et croûtes pour voies ferrées. E. 7576.

28 a-30. **Les propriétés analytiques des lignes d'influence. Étude systématique de leurs dérivées.** MULLS (F.). Éd. : Technique Travaux, 54, rue de Clichy, Paris-IX^e (1937), 1 vol. (16 × 25 cm), 110 p., nombr. fig. — Dans cet ouvrage on fait l'étude des dérivées des lignes d'influence. Les dérivées successives sont des fonctions qui représentent elles-mêmes des lignes d'influence. Par exemple la dérivée par rapport à x de la ligne d'influence de la force verticale sur un effet donné est la ligne d'influence du couple incident sur ce même effet. On introduit ensuite la notion de « rupteurs » qui sont les diverses combinaisons de couples incidents qui engendrent des ruptures définies et uniques en leur point d'application. On étend ensuite le théorème de MAXWELL aux lignes d'influence des divers ordres. Dans une deuxième partie on établit d'abord les lignes d'influence des efforts dans les barres d'une poutre en treillis, puis on applique la théorie des rupteurs au calcul de quelques lignes d'influence élémentaires et au calcul des poutres continues; on donne une application numérique. Dans un dernier chapitre on traite l'application des rupteurs au calcul des arcs à deux articulations et des arcs encastrés, puis un exemple de solution graphique. E. 7313.

240 a-30. **Egouts publics. Construction.** DUBOSCH (Ch.). Éd. : Technique des Travaux, 54, rue de Clichy, Paris-IX^e (jan. 1939), 1 vol. (16,5 × 25 cm), 477 p., nombr. fig. — L'ouvrage débute par les généralités sur l'établissement d'un projet d'égouts, le Cahier des Charges à établir, le mètre et les unités de mesure, puis sont examinées les méthodes d'exécution des fouilles, et terrassements et les sujétions des travaux en zone urbaine, les blindages, épaissements, drainages, rabattements de nappes aquifères, travaux en tunnel, rigoles et canaux à ciel ouvert. Le chapitre suivant étudie les canalisations d'égout en tuyaux, leurs calculs de résistance, les essais, les conditions à imposer, les caractéristiques et les conditions de mise en œuvre des tuyaux en grès vernissé, des tuyaux en béton et en béton armé. Ensuite sont examinés les égouts en maçonnerie stratifiée, en béton damé, en béton armé, les collecteurs, les siphons et leur mode de construction par cheminement, entre batardeaux, par fongage, par échouement. On étudie ensuite les cheminées et trous de lampe, les bouches d'égout et le raccordement des propriétés riveraines à l'égout, la ventilation naturelle et artificielle et les déversoirs d'orage. Les chapitres suivants étudient le matériel de vannes, clapets, portes, grilles et désintégrateurs, puis les chasses, réservoirs de chasse, appareils de chasse automatique, les chambres de chasse et enfin les bassins de désablage, les ouvrages d'art aux débouchés, l'élévation des eaux vannes et l'exploitation des égouts. E. 7314.

25 a-30. **Calcul graphique des poutres de fondation posant sur le terrain élastique. Son application au calcul des poutres continues sur appuis élastiques et aux tanks.** KERKHOFS (A.), KERKHOFS (W.). Éd. : W. Kerkhofs, boul. de la Toison-d'Or, 17, Bruges, Belg., 2^e éd. (1943), 1 vol. (15 × 22 cm), 48 p., 6 fig., 3 pl. h. t. — Après avoir établi l'équation différentielle de l'élastique d'une poutre de fondation posant sur un terrain élastique, on en recherche la résolution par les méthodes de l'intégration graphique. On considère ensuite des fondations de largeur constante, de moment d'inertie constant et de longueur finie et on traite comme exemple une dalle sollicitée par une charge verticale excentrée. Puis on suppose une poutre de largeur constante, de moment d'inertie constant et de longueur finie sollicitée par une charge verticale en son milieu et on traite un exemple numérique. On montre ensuite par des exemples comment la méthode s'applique aux poutres de fondation à moment d'inertie variable. On envisage ensuite le cas des poutres

de fondation de longueur illimitée dans les deux sens sollicitées par une charge verticale. Dans un deuxième chapitre est étudiée l'action des forces mobiles qui est traitée par la méthode des lignes d'influence et on donne deux exemples. Dans une deuxième partie est indiquée une application de la méthode au calcul des poutres continues sur appuis élastiques. Enfin dans une troisième partie on montre comment la méthode peut s'appliquer au calcul des tanks circulaires. E. 7614.

56 a-30. **Les aciers de fabrication française.** PELOU (M.). Éd. : Sci. Industr., 6, av. Pierre-I^{er}-de-Serbie, Paris-XVII^e (1948), 4^e éd., 1 vol. in-4^o raisin (25 × 32 cm), 144 p., 59 fig., 10 pl. h. t. — Cet ouvrage donne les caractéristiques des divers aciers fabriqués en France. Les aciers sont classés en premier lieu en deux divisions : aciers de construction et aciers à outils. Les divisions sont divisées en groupes qui sont eux-mêmes subdivisés en classes si leur importance l'exige. On distingue également les catégories et les nuances. Dans chaque groupe ou classe, on donne la composition, les propriétés mécaniques à chaud, la résistance à la corrosion, les règles d'usinage, les applications et les désignations commerciales. A la suite de chaque notice un tableau dépliant résume : 1^o La classification, la composition et les applications; 2^o Les caractéristiques mécaniques avec différents traitements thermiques; 3^o Les désignations commerciales des produits. Les planches montrent des photographies de pièces réalisées avec les divers groupes d'acier. Les seize groupes d'aciers indiqués sont les suivants : *Aciers de construction*. — Usage général : acier au carbone ordinaire; aciers spéciaux trempants ordinaires; aciers spéciaux auto-trempants. — Usages particuliers, aciers de cémentation; aciers de nitruration; aciers inoxydables (comprenant aciers semi-inoxydables, aciers intachables, aciers inoxydables, aciers réfractaires); aciers à haute résistance à chaud; aciers résistant à l'usure; aciers à haute limite élastique; aciers à propriétés magnétiques spéciales; aciers de décolletage; alliages spéciaux; aciers moulés. — *Aciers d'outils*. — Aciers forgeables : aciers au carbone; aciers spéciaux, aciers rapides. Aciers et alliages inforgeables. Un appendice indique la correspondance entre la classification et diverses normes françaises et étrangères. Enfin un répertoire des désignations commerciales françaises établi par ordre alphabétique et indiquant pour chacune d'elles le nom de l'aciérie qui la fabrique et les références renvoyant aux pages et tableaux de l'ouvrage. E. 7510.

55 a-30. **Les méthodes mathématiques de l'ingénieur.** KARMAN (Th. de), BIOT (M. A.). Éd. : Librairie Polytech. Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris-VI^e (1949), 1 vol. (16 × 24 cm), 492 p., nombr. fig. — Cet ouvrage choisit certains groupes représentatifs de problèmes qui se posent à l'ingénieur et donne les procédés mathématiques de résolution, bien que certaines de ces parties soient principalement consacrées à des sujets mathématiques. Il contient onze chapitres. Le chapitre I est une introduction aux équations différentielles ordinaires des divers ordres (8 réf. bibl.). Le chapitre II donne quelques indications sur les fonctions de BESSEL des divers ordres (5 réf. bibl.). Le chapitre III examine les concepts fondamentaux de la dynamique, le mouvement d'un corps rigide, le gyroscope, le théorème des déplacements virtuels, le principe de d'ALEMBERT, les équations de LAGRANGE (8 réf. bibl.). Dans le chapitre IV on étudie les problèmes élémentaires de la dynamique : mouvement de particule en milieu résistant, pendule (et à ce sujet les intégrales et fonctions elliptiques), les oscillations : le problème balistique, le mouvement d'un avion (11 réf. bibl.). Le chapitre V traite des petites oscillations des systèmes conservatifs, les oscillations forcées, la solution des équations algébriques à racines réelles, de l'équation aux fréquences et le calcul des modes normaux par l'emploi des matrices (6 réf. bibl.). Le chapitre VI traite des petites oscillations des systèmes non conservatifs avec exemples des oscillations des ailes d'avion, des amortisseurs de vibrations, etc... (3 réf. bibl.). Dans le chapitre VII sont étudiées les équations différentielles de la théorie de la résistance des structures : flexion des poutres, pont suspendu, vibrations des poutres, flambage, etc... (4 réf. bibl.). Le chapitre VIII montre l'application des séries de FOURIER aux problèmes de résistance des structures et de vibration (4 réf. bibl.). Dans le chapitre IX on étudie la représentation complexe d'un phénomène périodique (3 réf. bibl.). Le chapitre X examine les phénomènes transitoires et le calcul opérationnel (8 réf. bibl.). Enfin le chapitre XI montre l'application des équations aux différences finies à l'art de l'ingénieur avec application aux poutres continues, au flambage des poutres en treillis, etc... (5 réf. bibl.). L'ouvrage contient enfin une série de définitions mathématiques. Des problèmes au nombre de 143 sont posés après les différents chapitres et leurs réponses données en fin de l'ouvrage. E. 7653.

55 d-30. **Memento de poche et clé universelle de conversion des unités électriques et mécaniques** Giorgi (M. K. S. A.). DENIS-PAPIN (M.), KAUFMANN (A.). Éd. : Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris-VI^e (1949), 1 vol. (10,5 × 15,5 cm), 48 p., 12 fig. — Après avoir dans un avertissement donné les raisons de l'emploi très large de la notion d'angle solide, l'ouvrage expose dans un premier chapitre ce qu'est le système Giorgi (mètre, kilogramme-masse, seconde, ampère), qui a pour but le rattachement au mètre, au kilogramme-masse et à la seconde des unités de l'ancien système pratique d'unités électriques Q. E. S. qui dérive des trois unités fondamentales : quadrant ou 10° cm pour la longueur, eleventhgramme ou 10⁻⁴ gr pour la masse, seconde pour le temps. Dans le chapitre II on montre le mode d'obtention des unités (rationalisées ou non) et des équations aux dimensions dans le système Giorgi. Le chapitre III donne des tableaux comparatifs des unités dans les différents systèmes avec les valeurs des exposants dans les équations aux dimensions. Dans le chapitre IV on trouve une clé universelle de conversion des unités constituée par des formules permettant le passage du système Giorgi à tous les autres systèmes et inversement ainsi que le passage de n'importe quel système à n'importe quel autre. En annexes au chapitre V on trouve les valeurs Giorgi de quelques unités importantes, hors systèmes, des tableaux des multiples et sous-multiples décimaux, les repérages géométriques du radian et du stéradian (ou stédian). E. 7639.

243 a-30. **Calcaires canadiens pour la construction** (Canadian limestones for building purposes). Goudge (M. F.); *Depart. Mines, Canada* (1933), n° 733, 1 vol. (16,5 × 25 cm), 196 p., nombr. fig. Éd. : F. A. Acland, Ottawa, U. S. A. — Renseignements généraux. Définition, classification, essais des calcaires. Leurs caractéristiques : textures, lits, couleur, dureté, résistance. Historique et statistique. Répartition géologique et géographique des calcaires au Canada : étude détaillée des carrières existant dans les diverses provinces. Prospection pour calcaires. Sondages, puits. Ouverture des carrières. Méthodes d'exploitation. Enlèvement et utilisation des déblais. Façonnage de la pierre de taille : installations et machines pour le façonnage : grues, scies, dresseuses (raboteuses), tours, polisseuses à sable. Résistance du calcaire à la durée. Agents de dégradation. Influence des impuretés. Tableaux donnant les productions, les exportations et importations canadiennes, le nombre de permis de bâtir et les formations géologiques dans les provinces de Québec et d'Ontario. La partie la plus développée de l'ouvrage est celle qui présente le classement géographique des carrières du Canada. E. 7014.

156-30. **L'utilisation de la vapeur pour les fabrications et le chauffage industriel** (Steam for process and industrial heating). HAYES (A. H.). Éd. : Forum Publ. Cny, Speedee Press, 27a Pembridge Villas, Londres, W. 11, (1942), 1 vol. (12,5 × 19 cm), 168 p.-xxvi, fig. — Comparaison de l'eau chaude et de la vapeur. Propriétés de la vapeur : tables de la vapeur saturée. Quantités de chaleur. Cession de chaleur par la vapeur. Vapeur surchauffée. Transmission de la chaleur. Calcul de la surface de chauffe. Systèmes de chauffage et de circulation de vapeur. Chauffage des réservoirs de pétrole. Désurchauffage. Utilisation des eaux de condensation. Purgeurs. Écoulement de la vapeur dans les tuyauteries : courbes et tables. Installation et isolement des tuyauteries. Gaz nuisibles dans la vapeur : ammoniac, hydrogène, azote, oxygène. Applications de la vapeur à la fabrication du caoutchouc et du papier. Évaporation à effets multiples. Chauffage par accumulation. Chauffage à l'eau chaude sous pression. Chaudières pour installations à eau chaude sous pression. En appendice diverses tables : valeurs physiques, dimensions des tuyauteries ; correspondance entre °F et °C, conductibilité thermique, etc... Protection et surveillance des installations. E. 7009.

79 a-30. **Les pieux en béton armé** (Reinforced concrete piling). WENTWORTH-SHEILDS (F. E.), GRAY (W. S.). Éd. : Concrete Public. Ltd., 14 Dartmouth Street, Londres, S. W. 1 (1948), 1 vol. (16,5 × 25 cm), 126 p., nombr. fig. — Avantages des pieux en béton ; matériaux, section transversale ; armature ; sabots. Calcul des pieux. Résistance au tassement. Contraintes pendant l'enfoncement. Efforts de flexions pendant la manœuvre : pieux carrés, rectangulaires, octogonaux. Pieux groupés. Murs de soutènement sur pilotis, ancrages. Supports de jetées sur pilotis. Pieux dans l'eau de mer. Méthodes de construction : dispositions du chantier ; armatures ; moules, moulage. Sonnettes. Treuils. Moutons : moutons à vapeur à simple et à double effet. Enfoncement par jets d'eau. Rallonges de pieux. Pieux coulés sur place. Exemples et descriptions d'ouvrages sur pilotis. Tables donnant la composition, la résistance et les caractéristiques mécaniques de divers types de pieux. Notes complémentaires sur les efforts

pendant l'enfoncement. Méthode standard pour les essais de ciment. Essai de tassement. Vieillessement du béton (courbe). E. 7012.

129-30. **L'oxycoupage** (Oxygen cutting). SEYMOUR-SEMPER (E.). Éd. : Iliffe and Sons, Ltd., Dorset House, Stamford street, Londres, G.-B., S. E. 1, (1949), 1 vol. (14,5 × 22 cm), 150 p., 123 fig., 145 réf. bibl. — Principe, procédé et machines de découpage par l'oxygène. Précision du découpage. Défauts les plus usuels, leurs causes et leurs remèdes. Construction et emploi des gabarits et calibres. Facteurs influant sur la précision. Effets thermiques sur les aciers doux et les aciers alliés. Coût et rendement du découpage. Machines à profiler pour applications spéciales. Machines portatives. Préparation des bords de tôles pour le soudage. Découpage à la main. Lance à oxygène : découpage de la fonte et de l'acier inoxydable. Découpage sous l'eau. Élimination des défauts sur lingots et billettes ; et rainurage de l'acier. Emploi de divers combustibles gazeux : acétylène, gaz de charbon, propane, générateurs d'acétylène, oxycoupage à l'arc électrique. En appendice : essais comparatifs (acétylène-propane-éther-gaz de houille, gaz de houille-éther), et tables de référence. E. 7010.

31 a-30. **Les progrès de la mécanique appliquée** (Advances in applied mechanics). MISES (R. von), KARMAN (Th. von). Éd. : Academic Press, Inc., Publishers, 125 East 23rd Street, New-York, N. Y., U. S. A. (1948), vol. 1 (15,5 × 23,5 cm), 296 p., nombr. fig., 200 réf. bibl. — Ce volume comprend six parties traitant successivement des objets suivants : 1° Progrès récents concernant la mécanique de l'écoulement des couches limites ; stabilité ; écoulement turbulent ; 2° Tendances modernes de la mécanique non linéaire, méthodes analytiques. Résonance et phénomènes associés ; 3° Revue des articles sur l'élasticité, publiés en Hollande de 1940 à 1946 ; 4° Maquette mathématique illustrant la théorie de la turbulence ; 5° Méthodes numériques concernant les problèmes de l'interaction des ondes ; 6° Méthode d'intégration de Bergman dans l'écoulement fluide compressible suivant deux dimensions. E. 6515.

60 c-30. **Notre ennemi le termite** (Our enemy the termite). SNYDER (Th. E.). Éd. : Comstock Publishing Co., Inc., Ithaca, New-York, U. S. A., éd. rév. (1948), 1 vol. (16 × 24 cm), 264 p., nombr. fig. — Énumération des différentes sortes de termites, exposé des métamorphoses de cet insecte et des conditions de formation de ses colonies. Description des nids, de la nourriture, de la vie des termites. Dommages causés par eux aux bâtiments, aux marchandises, à la végétation. Inventaire des moyens de protection dont on dispose contre leur action dévastatrice. En appendice : protection contre les avaries causées aux constructions. Mesures adoptées officiellement contre les termites, etc... E. 7467.

60 b-30. **La construction en bois moderne** (Modern timber engineering). FLEMING SCOFIELD (W.), O'BRIEN (W. H.). Éd. : Southern Pine Ass. New Orléans 4, Louisiana, U. S. A. (1949) : 3^e éd., 1 vol. (16 × 23,5 cm), 147 p., nombr. fig., 39 réf. bibl. — Structure et caractéristiques des bois ; leur propriétés physiques et leur résistance. Assemblages, poutres, piliers, poutres composées, systèmes de tabliers de ponts. Un chapitre est consacré aux bois lamellaires collés, un autre aux pieux ronds. La préservation des bois par traitements chimiques et la résistance au feu des bois de construction font l'objet des deux derniers chapitres. En appendice : tableaux concernant les contraintes admissibles, les propriétés de certains bois, les résistances, les poids spécifiques, les valeurs de k dans la formule $P = kD^2$ pour les vis à bois, les pointes, etc... Nombreux exemples. E. 7225.

54-30. **Tableaux techniques** (Technische Tabellen), Verband Schweiz. Brücken-Stahlhochbau-Unternehmungen, Freigutstr. 15, Zurich 2, Suisse (août 1948), 1 vol. (21,5 × 30 cm), 319 p. — Afin de faciliter les travaux de prospection et le calcul statique des constructions métalliques, les tensions limites ou longueurs admissibles pour tous les profils sont données dans 5 chapitres pour les cas suivants : 1° Flambement ordinaire ; 2° Flambement excentré ; 3° Renversement ordinaire ; 4° Rivets et boulons ; 5° Divers (poids, sections, surfaces, etc.). Les tableaux sont présentés sous la forme d'abaques cartésiens, permettant l'interpolation immédiate. En annexe : valeurs pour la poutre continue. Tous les chiffres donnés correspondent aux normes suisses de 1946. E. 6908.

49-30. **Manuel de l'entreprise** (Entreprenadbok för Husbyggnad). Éd. : A. V. Carlsons, Stockholm, Suède (1948), 1 vol. (12,5 × 19 cm), 520 p., fig. — Ouvrage destiné aux entrepreneurs et aux autorités administratives pour les travaux en adjudication. Étude de la situation juridique des parties, des modes de

financement des travaux, de l'exécution des projets et soumissions, de l'adjudication et du contrôle des travaux par l'administration. Tableaux donnant les prix unitaires des matériaux, les salaires horaires et charges sociales. E. 6905.

56 b-30. **Aciers profilés** (Stahlbau-profile). BATZ (R.). Éd. : Stahleisen M. B. H., Düsseldorf, All., 7^e éd. (1947), 1 broch. (14,5 × 20,5), 33 p., nombr. fig. — Tableaux de dimensions de différents types d'aciers profilés : aciers en U, double T, double T à larges semelles, à filet et semelles minces, à filet mince, aciers traités, T à semelles parallèles, cornières, cornières à ailes inégales, aciers ronds et aciers carrés, tubes d'acier (à section circulaire ou carrée) et enfin soudures. E. 7255.

55-30. **Manuel de la construction métallique** (Stahlbau-handbuch). Éd. : Industr.-Handel, Walter Dorn, Brême, All. (1948), 1 vol. (11 × 16,5 cm), 520 p., nombr. fig. — Aide-mémoire de la construction métallique présentant de nombreux tableaux, figures et graphiques. Organes d'assemblage : rivets, vis, soudures. Éléments tendus, comprimés. Poutres pleines, en treillis. Poutrelles. Poteaux rivés, soudés. Charpentes de toiture. Fermes. Voies de ponts roulants. Fondations. Ossature. Ponts en acier : ponts de chemins de fer ouverts, fermés. Ponts courbes. Ponts à double voie. Ponts-routes. Chaussées et trottoirs. Ponts à âme pleine, en treillis. Ponts suspendus : leurs éléments, ancrage. Ponts en arc. Tableau de grands ponts exécutés. Pièces et chariots d'appui des ponts. Technique du soudage. Prescriptions, spécifications ; normes, essais des ponts. Bases de calcul. Matériaux : acier laminé, acier coulé, acier en barres, larges plats. Prescriptions pour ponts de voies ferrées, pour ponts-routes. Tableaux des profilés. La charpente métallique légère en acier dans la construction en élévation. Limitations de longueur pour chargement sur wagons. E. 7011.

3-30. **Etablissement des plans d'urbanisme (urbanisation)** (Städtebauliche planung). KRAUSS (E. H.). Éd. : Br. Sachse, Hambourg, All., (1948), 1 vol. (15 × 21,5 cm), 160 p., 24 fig., 15 réf. bibl. — Directives en matière d'urbanisme : généralités, villes détruites, localités indemnes, villages et habitations isolées, créations nouvelles. Dispositions juridiques et législatives. Plans généraux et communaux. Plans des zones pour constructions et des catégories de constructions dans la zone. Harmonisation avec le paysage. Étude du sol. Rues et moyens de communication. Évacuation des eaux. Canalisations (eau, gaz, électricité), installations commerciales. Plans panoramiques, perspectifs ; détails techniques. Espaces libres ; prescriptions légales. Législation future : ce qu'elle devra prescrire. Extraits des lois et ordonnances allemandes. E. 7052.

20-30. **La méthode de Cross** (Das Cross-Verfahren). JOHANNSON (J.). Éd. : Springer, 1 Jebenstrasse, Berlin Charlottenburg 2, All. (1948), 1 vol. (15,5 × 23,5 cm), 123 p., 137 fig. — Définition des notions générales (rigidité, facteur de report, coefficient de répartition). Exposé de la méthode de calcul pour poutres continues, portiques fixes, portiques à étages mobiles, fermes des hangars, toitures sheds, variation de la température, déplacement des appuis. Lignes d'influence. Calcul pour un moment d'inertie variable. Contraintes secondaires dans les poutres à treillis. Tableaux pour la détermination des constantes. Exemples numériques. E. 7053.

4-30. **Ouvrages constitués par des surfaces portantes** (Flächentragwerke). GIRMANN (K.). Éd. : Springer, 5 Mölkerbastei, Vienne 1, Autr., 2^e éd., 1 vol. (16 × 24 cm), 502 p., 273 fig. — Ouvrage traitant de la théorie des surfaces portantes (disques, plaques, enveloppes, surface polyédriques), comprenant 5 parties : 1^o Théorie générale de l'élasticité (en annexe le principe de SAINT-VENANT) ; 2^o Disques (fonction d'ARRY, formules en coordonnées cartésiennes et polaires, conditions aux limites, disque rectangulaire, semi-plan, bande, poutre continue, disque triangulaire, poutre à semelles très larges) ; 3^o Plaques (plaque mince, conditions aux limites, bande, semi-bande, plaque rectangulaire, plaque en porte-à-faux, plaque triangulaire, plaque circulaire, plaque continue). Théorie des réseaux élastiques. Stabilité des plaques ; 4^o Enveloppes ou surfaces courbes (théorie des membranes, enveloppes de révolution, cylindres, tuyau cylindrique, dômes). Théorie de la flexion des surfaces portantes. Pression intérieure. Surcharge arbitraire. Conditions d'appui. Compression et flambement ; 5^o Systèmes polyédriques à nœuds fixes et mobiles. En annexe : étude des plaques orthotropes. Applications et exemples numériques. Formules pour différents cas de surcharge. Chaque chapitre est suivi d'une abondante bibliographie. E. 6514.

60 a-30. **Le verre dans la construction** (Bauen mit Glas). VÖLCKERS (O.). Éd. : Julius Hoffmann, Stuttgart, All. (jan. 1948) 1 vol. (23 × 29,50 cm), 184 p., 340 fig. — Après une introduction

présentant des considérations historiques, artistiques et philosophiques sur l'emploi du verre dans la construction, sont étudiées successivement les questions suivantes : nature, composition et fabrication du verre, soufflage, étirage, coulée et laminage, polissage, verre pressé, fibre de verre, verres colorés, translucides, striés, verre trempé, verre dépoli, vitres doubles ; puis les diverses sortes de verre : verre à vitres, glaces, verre coulé ou étiré, plaques murales, pierres de verre et béton avec incrustations de verre, matériaux en fibre de verre, dalles de verre ; les diverses opérations concernant le verre notamment la pose des vitres, la peinture des verres, les infiltrations d'eau, la finition des arêtes. Tableau des emplois du verre dans la construction : fenêtres, grandeurs et formes, grands panneaux vitrés, grandeur, format et épaisseur des vitres, petits bois, considérations thermiques, prix de revient ; parois en verre, châssis d'éclairage par le haut, toitures en verre plat ; parois et fenêtres en pierres de verre ; béton armé avec incrustations de verre, construction tout-verre. Protection des fenêtres, réfraction de la lumière, éclairage des locaux selon leur destination. Dispositions et groupements des fenêtres dans les immeubles. Un dernier chapitre avec 166 illustrations passe en revue toutes sortes de réalisations modernes après quelques rappels historiques : le verre dans le béton, la construction de dômes en verre, la pose de revêtements en verre, le verre dans les charpentes en bois ou en acier, les grandes surfaces vitrées les abris et les balcons vitrés, les portes vitrées, les vitrages dans les habitations et jardins, écoles, hospices, musées, bâtiments industriels, marches, stades, casinos, églises. E. 7232.

111 a-30. **Le maçon** (Der Maurer). FRIEDRICH (K.). Éd. : Manu, Augsburg, All. (1948), 1 vol. (21 × 30 cm), 118 p., nombr. fig., 63 tabl. h. t. — Ouvrage très complet sur la brique, sa fabrication, ses possibilités d'emploi au point de vue technique comme au point de vue architectural. Tableaux de consommation de matériaux (briques et mortier). Étude du mur creux, de ses avantages et conditions, ainsi que de la brique creuse cuite, de grandes dimensions. Types d'appareils pour la manutention pratique des briques. Étude notamment de la construction des cheminées. En annexes : schémas de construction et d'utilisations diverses de la brique, instructions pratiques pour la construction et l'emploi des matériaux. E. 7246.

152 a-30. **Le chauffage à vapeur à basse pression et le chauffage à réglage central et mélange de vapeur et d'air** (Die Niederdruckdampfheizung und die central regelbare Dampflichtgemischheizung). KLOSTERMANN (H.). Éd. : C. Marhold, Halla (Saale), All. (1948), 1 vol. (15 × 21 cm), 214 p., nombr. fig. — L'ouvrage comprend 2 parties : I. — Chauffage par vapeur à basse pression : principes physiques (chaleur, vapeur, air, transmission de la chaleur, combustion. Éléments : chaudières et leur accessoires, radiateurs et leurs clapets régulateurs, dispositifs de sécurité, tuyauteries, isolation. Détermination et disposition des éléments : chaudières, tuyauteries et radiateurs. Mode de fonctionnement. Calcul de l'installation. Systèmes « fermés » de chauffage par vapeur à basse pression. II. — Chauffage à réglage central par mélange de vapeur et d'air : généralités, historique et principes. Description des éléments : injecteur-diffuseur, filtres, amplificateur de dépression, robinets de radiateurs diverses formes de réalisation, phénomènes physiques. Description des essais effectués jusqu'à présent : sur l'efficacité du dispositif Klostermann, sur la composition du mélange d'air et de vapeur, sur l'influence de la température du mélange air-vapeur, sur la transmission de chaleur dans les radiateurs légers, sur les conditions de pression en divers points des tuyauteries avec les différents modes de fonctionnement. Calculs de la surface de chauffe de la chaudière, des tuyauteries, de l'injecteur-diffuseur, des radiateurs : dimensions des clapets régulateurs, des dispositifs de dépression. Résumé et perspectives. Desiderata restant à réaliser par le chauffage par mélange air-vapeur. E. 7222.

17 a-30. **Répartition de la déformation. Nouvelle méthode d'analyse structurale.** (Distribution of deformation. A new method of structural analysis). KLOUCEK (C. V.). (1949), 1 vol. (16,5 × 24 cm), 508 p., 258 fig., 38 réf. bibl. (Traduit du tchèque et de l'allemand par A. H. WADDELL-ZALUD et F. H. ZALUD). — Cette nouvelle méthode permet de simplifier le calcul des ossatures normales en évitant l'emploi des équations de déformation ; elle permet également la solution de problèmes statiquement complexes. Grâce à elle, on peut trouver des solutions locales sans avoir à évaluer toutes les inconnues. La première partie est consacrée aux ossatures dont les joints ne sont soumis à aucun déplacement tandis que les ossatures comportant des joints soumis au déplacement sont traitées dans la deuxième partie. 7155.

267 a-30. **Les matériaux routiers** (I materiali stradali). ARIANO (R.). Ed. : G. G. Görlich, Milan, Ital. (juin 1948), 1 vol. (17 x 24,5 cm), 481 p., nombr. fig., 550 réf. bibl. — L'ouvrage comprend trois parties : la première, relative aux sols, débute par l'étude des caractéristiques physiques et mécaniques des sols et des méthodes pour les déterminer : composition, analyse granulométrique, cohésion, plasticité, limite d'Atterberg, système terre-eau, capillarité, compacité, cisaillement, gélivité, etc... Elle se poursuit par l'étude des sols pour soubassements et fondations : classements divers, capacité portante et sa détermination, épaisseur à réaliser ; puis celle des sols pour talus et remblais (tassement, hauteur critique, matériaux utilisables, compaction) et des procédés de stabilisation des sols (mécaniques, physico-chimiques, liants, ciment). La seconde partie concerne les pierres :

examen pétrographique, caractéristiques physiques et mécaniques (compression, abrasion, choc, etc...) et leur détermination, propriétés en rapport avec les liants (adhésion, mouillabilité), formes et dimensions des éléments pierreux (cailloux, gravier, pavés, bordures). La troisième partie traite des liants : goudrons (composition physico-chimique, normes et leur détermination, vieillissement, analyse chimique, fillerisation), bitumes (composition, normes et leur détermination, emplois conseillés), mélanges de goudrons et de bitumes, émulsions (nature de l'émulsion, agents émulsionnants, émulsions de goudrons et de bitumes, adhésion), asphaltes (gisements italiens, emplois, normes), ciments et bétons (préparation des mortiers, normes et leur détermination, granulométrie, fluidité). E. 7526.

IV. — NORMALISATION

NORMES HOMOLOGUÉES

Bâtiment et Génie civil.

NF P 07-002. Dimensions particulières : hauteur des quais de chargement pour camions et wagons.

Couverture.

Métal.

NF P 34-402 (avr. 1949). Bandes façonnées en zinc laminé.

NF P 34-403 (avr. 1949). Couvre-joint en zinc laminé.

Évacuation des eaux pluviales.

NF P 36-402 (avr. 1949). Gouttière pendante en zinc laminé.

NF P 36-403 (avr. 1949). Tuyaux en zinc laminé pour descentes d'eaux pluviales.

NF P 36-404 (avr. 1949). Coudes cintrés en zinc laminé.

NF P 36-405 (avr. 1949). Bagues en zinc laminé pour descentes d'eaux pluviales.

NF P 36-406 (avr. 1949). Cuvette demi-ronde en zinc.

Accessoires de couverture.

NF P 37-410 (avr. 1949). Chatières en zinc.

Quincaillerie.

NF P 26-418. Penture à col élargi.

NF P 26-419. Penture sans col.

NF P 26-420. Moraillon à charnière.

NF P 26-421. Moraillon à lacet.

NF P 26-422. Pilon porte-cadenas.

NF P 26-426. Broche de fermeture à clavette.

PROJET DE NORMES SOUMIS A L'ENQUÊTE PUBLIQUE

Économie domestique, hôtellerie, ameublement, aménagement.

EP N° 614.

Pr D 32-325 mod. Modifications à la norme D 32-325 « Appareils de cuisson à gaz, à usage domestique ».

Pr D 35-331 mod. Modifications à la norme D 35-331 « Chaudière de chauffage central à gaz ».

Normes fondamentales. Normes générales.

EP N° 617.

Pr X 08-003. Couleurs de signalisation pour les ateliers.

Pr X 08-004. Couleurs d'ambiance pour les ateliers.

EP N° 621.

Pr X 02-1003. Principes de l'écriture des nombres et des symboles d'unités.

NORMES ANNULÉES

Bâtiment et Génie civil.

NF Cir P 26-419. Penture roulée en fer forgé sans col (homologuée en décembre 1944).

NF Cir P 26-420. Moraillon à charnière en fer forgé (homologuée en décembre 1944).

NF Cir P 26-421. Moraillon à lacet (homologuée en décembre 1944).

NF Cir P 26-422. Pilon porte-cadenas (homologuée en décembre 1944).

NF Cir P 26-426. Broche de fermeture avec accessoires de montage (homologuée en décembre 1944).

Charpente, menuiserie, serrurerie.

Menuiserie en bois.

NF P 23-404 (avr. 1944). Châssis et croisées à la française typifiés. Largeur 120. Annulée à la date du 30 avril 1949.

ÉTUDES

COMPTES RENDUS DES COMMISSIONS

Le Comité ISO-TC 59 « Construction Immobilière ».
Courr. Norm. (mars-avr. 1949), n° 86, 97 p., nombr. fig. — Numéro spécial consacré au Bâtiment : 1° Principes de la construction en France et dans le monde : interdépendance de la construction et de la normalisation, Comité de Construction Immobilière de l'ISO, problème international de la modulation, problèmes de normalisation pour la reconstruction, étude de ces problèmes par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. 2° Point de vue des bâtisseurs : la normalisation et les études d'architecture, devis descriptifs normalisés, réalisations françaises et étrangères dans le domaine de la reconstruction. 3° Normes et projets de normes du bâtiment : cahier des charges générales, code des travaux de couverture, toitures-terrasses en asphalte, étanchéités multicouches, couvertures en aluminium, matériaux en terre cuite, accessoires en zinc, ronds pour béton armé, insonorisation, égouts, marque nationale des liants hydrauliques. 4° Équipement intérieur du bâtiment : réalisations à Orléans, équipement ménager, appareils sanitaires, ascenseurs, appareils de chauffage domestique, code du gaz, peinture. E. 7072.

Travaux en cours.

Peinture.

Session plénière de l'ISO. Séance solennelle. *Circ. A. F. N. O. R.* (31 mai 1949), n° 93, p. 4. — Projet de norme visant la préparation (arêtes adoucies, décapage, époussetage, dégraissage, phosphatation éventuelle) des éprouvettes en tôle d'acier doux Martin ordinaire destinées aux essais de peintures, vernis et préparations assimilées. Examen des résultats de l'enquête publique n° 579 (définition de onze termes utilisés dans l'industrie des peintures, classification des peintures) et d'un nouveau projet de terminologie. E. 6779.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS-VII^e

Décembre 1949

N° 110

Nouvelle série.

ÉQUIPEMENT TECHNIQUE, N° 5

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

EXPOSÉ DU 28 JUIN 1949

SOUS LA PRÉSIDENTENCE DE **M. A. VÉRON**,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

LES CHAMBRES D'ESSAIS CLIMATIQUES

Par **M. André DESPLANCHES**,

Ingénieur des Arts et Métiers,
Président de l'Association des Ingénieurs de Chauffage et de Ventilation de France.

SOMMAIRE

	Pages.		Pages.
ALLOCUTION DU PRÉSIDENT.....	2	Chambres chaudes	7
INTRODUCTION.....	3	Chambres froides	7
CHAMBRES D'ESSAIS CLIMATIQUES.....	5	Chambres tous climats avec alternance.....	8
Climats à réaliser	5	Caissons d'altitude	9
Types de chambres.....	5	Souffleries conditionnées	9
Réalisation des chambres à température constante	5	CONCLUSIONS	10
Appareil de conditionnement	6	DISCUSSION	10

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT

Il n'est évidemment pas besoin de présenter longuement le Président DESPLANCHES à un public aussi averti. Je rappellerai donc seulement en quelques mots les grands traits qui le caractérisent :

M. DESPLANCHES préside l'Association des Ingénieurs de Chauffage et Ventilation de France, qui compte 1 200 membres ; chacun sait que l'État-Major de cette Société ne compte que des techniciens de premier ordre : à fortiori son Président.

Les Congrès de Chauffage m'ont fourni maintes occasions d'observer à quel point M. DESPLANCHES sait allier au sens pratique le souci d'une information approfondie, conjuguant une étude très poussée des solutions mises en œuvre au fini non moins poussé de leur réalisation.

Ingénieur parfaitement équilibré, M. DESPLANCHES est bien digne d'être donné en exemple à ceux qui se préoccupent exclusivement de considérations théoriques et à ceux d'ailleurs bien plus nombreux qui se satisfont uniquement de traditions empiriques.

Quant au sujet que M. DESPLANCHES va traiter, tout le monde sait quelle importance il a prise : d'une façon absolue d'abord, aussi bien pour le conditionnement des locaux habités que pour celui des chambres spéciales d'essais climatiques de matériaux et d'appareils. Et aussi d'une façon relative, au regard des formes traditionnelles du chauffage, qui se sont vues condamnées au ralenti par l'impécuniosité de leur clientèle privée d'autrefois.

Le conditionnement étant ainsi devenu l'aile marchante de l'Industrie du Chauffage, il est particulièrement important d'en faire périodiquement le point, et il n'est pas indifférent qu'une telle opération soit confiée à un spécialiste aussi qualifié que le Président DESPLANCHES.

Qu'il excuse la maladresse de cette présentation, au bénéfice de mes bonnes intentions.

RÉSUMÉ

Les conditions d'emploi de plus en plus rigoureuses imposées au matériel moderne dans tous les domaines exigent pour leur parfait fonctionnement des essais climatiques préalables dans des chambres à air conditionné.

Ces essais répondent à des préoccupations très diverses : température ou humidité constante pour l'étalonnage de prototypes, conditions variables pour le bon fonctionnement en toutes circonstances.

Cinq types de chambres d'essais climatiques sont utilisés :

1° La chambre à climat tempéré dont le type est la chambre à température ou humidité constante.

2° La chambre chaude pour climats désertiques ou équatoriaux.

3° La chambre froide pour climats arctiques.

4° La chambre tous climats, qu'il est d'ailleurs préférable d'éviter et de remplacer par deux ou plusieurs chambres.

5° Le caisson d'altitude.

L'auteur donne les principales caractéristiques de construction de chaque type de chambre d'essai.

SUMMARY

Increasingly severe operating conditions are being imposed on modern plant in all kinds of constructional activity and necessitate previous climatic tests in air-conditioned rooms in order to ensure perfect operation.

These tests vary a great deal according to the problem in hand : constant temperature or humidity is needed for standardization of prototypes, and variable conditions for smooth working in any given circumstances.

Five types of rooms for testing climatic conditions are used :

1. Temperate room, where temperature and humidity are normally constant.

2. Hot room for conditions in the desert or tropics.

3. Cold room for arctic conditions.

4. All-climate room, which it is in fact preferable to avoid, substituting two or more rooms.

5. Altitude cabinet.

The author gives the principal structural features of each type of test room.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

EXPOSÉ DE M. DESPLANCHES

Je remercie M. le Professeur VÉRON des paroles beaucoup trop élogieuses qu'il a bien voulu me décerner. Si j'ai réalisé quelques travaux sur le conditionnement de l'air, c'est en vue de faire progresser cette « aile marchante » dont il a parlé ; mais je n'ai vraiment pas conscience d'avoir mérité tant d'éloges de sa bouche.

Messieurs, notre causerie d'aujourd'hui aura pour sujet les « chambres d'essais climatiques ».

INTRODUCTION

Sous le vocable général de chambres d'essais climatiques, on désigne deux genres de locaux d'une construction particulière, dotés d'une installation de conditionnement d'air et permettant de réaliser :

- 1° Soit un climat fixe généralement assez voisin d'un climat tempéré.
- 2° Soit des climats extrêmes, fixes ou variables.

Ces deux types de chambre diffèrent entièrement en tant que construction de génie civil et du genre d'installation de conditionnement destiné à les équiper.

Cette double classification répond également à des besoins distincts.

Le premier type, à climat fixe modéré, a pour objet des essais et des mesures en vue de maintenir des normes d'une fabrication. Dans de nombreux cas, il faut en effet que les caractéristiques d'un matériel, afin d'être comparables, soient toujours rapportées à certaines conditions fixes de climat et dont la variation pourrait grandement influencer sur leur valeur absolue.

Le deuxième type, à climats extrêmes, fixes ou variables, a pour but de soumettre ce matériel aux conditions extrêmes de climat dans lesquelles il est susceptible de se trouver à un moment donné pour son stockage, son transport ou son utilisation ; il est indispensable en effet de connaître les réactions d'un matériel en face de conditions qui peuvent varier de plus de 100° C et depuis une ambiance de siccité presque totale jusqu'à la saturation, ceci afin de pouvoir garantir sa bonne utilisation et améliorer une fabrication d'après les renseignements qui découlent d'essais pratiqués dans des climats limites.

Étant donné que ces essais doivent s'appliquer à toutes les fabrications depuis la montre jusqu'au camion en passant par le ciment, le bois, le textile, etc..., on conçoit qu'il y a là une technique toute nouvelle qui ouvre au conditionnement de l'air un champ presque illimité.

L'emploi de ces installations s'avère indispensable à toute industrie qui veut atteindre la classe interna-

tionale, sinon elle risque fort de se trouver un jour fortement handicapée vis-à-vis d'entreprises mieux outillées.

Les quelques exemples suivants montrent clairement la nécessité de ces essais en atmosphère contrôlée.

En ce qui concerne les chambres à climat fixe le prototype de ces chambres est la chambre à température constante pour métrologie à $20^{\circ} \pm 0,1$, température internationale de contrôle. Bien que dans ce cas, on n'ait en vue que le réglage de la température avec une certaine précision, il s'avère indispensable de maintenir en été, l'humidité relative à un certain maximum, sinon on serait voisin de la saturation pour le plus grand dommage du matériel ; on est donc conduit à pouvoir régler l'humidité si bien que les chambres à température ou à humidité constante sont du même type.

Les chambres à température constante pour la métrologie connaissent actuellement un essor surprenant ; en effet leur emploi devient une nécessité dans beaucoup de fabrications mécaniques en raison de l'étroitesse des tolérances des pièces interchangeables et dont les calibres de vérification sont établis avec une précision extrême ; ces calibres doivent eux-mêmes de temps à autre être comparés à des calibres étalons dont la précision doit être de l'ordre du 1/10 de micron.

Il est illusoire de vouloir travailler avec une semblable précision si les variations de température sont de nature à occasionner des variations de dimensions plus importantes que les tolérances admises.

Sur une pièce en acier d'un diamètre de 250 mm, s'il subsiste seulement un écart de 5° entre la pièce et le calibre, l'erreur due à la dilatation qui atteint 12 μ m.

L'emploi de l'aluminium a encore aggravé le problème du fait que le coefficient de dilatation de ce métal est environ le double de celui de l'acier du calibre. En reprenant l'exemple d'une pièce de 250 mm en aluminium et d'un calibre en acier, même si le calibre et la pièce sont tous deux à la même température, la différence de dilatation des deux métaux conduit à une erreur de 30 μ m si la mesure se fait à 10° ou 30° ; soit 10° d'écart d'avec la température d'étalonnage du calibre.

Parmi les machines devant travailler à température constante on peut citer :

Bancs de mesure, interferomètres, machines à projeter les filets, machines à pointer, à rôder les calibres, etc...

Les chambres à température et à humidité relative constantes ont encore des applications plus vastes : presque tous les produits, en dehors des métaux, sont hygroscopiques et si on veut mesurer certaines de leurs constantes, il est nécessaire de se référer à une atmosphère-type.

Par exemple, la résistance à la traction d'un papier, d'un tissu, varie considérablement suivant l'humidité relative. Les peintures cellulosiques s'appliquent mieux dans certaines conditions de température et d'humidité qu'il convient de déterminer.

Une autre application assez imprévue a trait à la construction automobile.

La fabrication des carrosseries en grande série nécessite une certaine précision pour le montage.

L'outillage d'emboutissage de ces carrosseries qui doit être remplacé souvent plusieurs fois pendant la durée d'un modèle de carrosserie, est exécuté à partir d'une maquette en acajou sur laquelle on prend un plâtre et c'est d'après ce plâtre que les différents outillages d'emboutissage sont ajustés à l'atelier d'outillage.

Si les maquettes en acajou sont conservées dans un local dont l'atmosphère n'est pas contrôlée, les variations d'humidité entre un hiver froid et sec et un été chaud et humide peuvent amener sur ces maquettes des variations de l'ordre de 0,5 cm, étant donné les grandes dimensions des panneaux de carrosserie.

Il s'ensuit que, pour que les plâtres soumis à l'atelier d'ajustage soient toujours à la même dimension, ils doivent être tirés sur des maquettes maintenues dans une chambre à humidité constante.

J'abrège cette liste d'exemples, car on pourrait en trouver à l'infini...

Les chambres chaudes ont surtout comme application le contrôle de la tenue du matériel électrique et du matériel radio dans des climats du type colonial.

Les conditions d'essais sont souvent d'ailleurs très supérieures aux conditions climatiques, car, dans certains appareils électriques, la température interne peut quelquefois monter de 30° au-dessus de l'ambiance, ce

qui explique que certaines parties constitutives de ce matériel doivent être essayées à des températures voisines de 90°.

Les essais en chambres chaudes ont permis, suivant le terme actuel, de « tropicaliser » le matériel et d'assurer son fonctionnement sous toutes les conditions qui peuvent être rencontrées à la surface du globe.

Les chambres d'essai au froid ont moins d'applications, mais parmi celles-ci, on peut signaler les essais mécaniques des aciers et les essais de fonctionnement de tout le matériel mécanique à très basse température.

En effet, la fragilité d'un acier caractérisé par ce que l'on appelle sa résilience croît très rapidement au fur et à mesure que la température s'abaisse.

Par exemple, à -30° , l'acier doux est extrêmement fragile et risque de se rompre comme du verre sous des contraintes même très faibles.

Il est donc indiqué de vérifier le fonctionnement d'un appareil quand on sait qu'il doit être exposé à une très basse température.

D'ailleurs, la guerre a bien mis en évidence la nécessité de semblables essais : toute la guerre du Pacifique qui a abouti à la défaite du Japon n'a pu être possible qu'après des essais de « tropicalisation » non seulement de tout le matériel de guerre, mais également de tout le matériel de ravitaillement des troupes opérant dans le Pacifique.

La campagne de Russie de 1941 est un exemple inverse :

La chute brutale de température, qui a eu lieu dans la steppe russe au début de l'hiver, a mis hors de fonctionnement la presque totalité du matériel auto-moteur des troupes allemandes, ce qui ne se serait certainement pas produit si des essais à basse température avaient montré les défauts de ce matériel inapte à travailler dans les conditions dans lesquelles il s'est brutalement trouvé.

La campagne de Tripolitaine en fournit enfin un dernier exemple :

Ici, ce sont les appareils de radio-communication des chars de combat qui n'ont pas été capables de tenir dans l'atmosphère surchauffée des chars, et qui ont privé ces derniers de toute liaison.

Par ces exemples, on comprend mieux la nécessité de tous ces essais en atmosphère contrôlée dont je viens de parler.

CHAMBRES D'ESSAIS CLIMATIQUES

Climats à réaliser.

Les climats que l'on peut avoir à réaliser pour essayer les divers matériels peuvent se classer en cinq types :

1° *Climat désertique* (chaud et sec) pouvant aller jusqu'à + 60° avec une humidité relative de 5 %.

Certaines normes imposent une température d'essai de 80 et même 90°, ce qui peut sembler excessif par rapport aux conditions naturelles ; toutefois il faut se rappeler que pour certains matériels dont spécialement le matériel électrique et radio, il faut connaître le fonctionnement à la température interne maximum des appareils et qui peut atteindre 20 à 30° au-dessus de l'ambiance.

D'autre part, une température plus élevée que celle que le matériel doit subir accélère la formation de certains défauts.

2° *Climat équatorial* (chaud et humide) pouvant aller jusqu'à 40° et 95 % d'humidité relative.

3° *Climat tempéré*. — Depuis — 10° et sec jusqu'à + 35 et 60 %.

4° *Climat arctique*. — Minimum — 50°.

5° *Conditions d'altitude*. — Les progrès foudroyants de l'aviation ont reculé les limites imposées par ce type de climat ; pour étudier la tenue du matériel à des conditions identiques auxquelles il sera soumis en service, il faut admettre que ces conditions peuvent varier depuis + 60° et 5 % ou 40° et 95 % à la pression atmosphérique et vent nul :

Jusqu'à — 60°, à la pression de 120 mm de mercure et dans un vent de l'ordre de 1 000 km/h, conditions que réalise un avion moderne à 13 000 m d'altitude : cette variation peut d'ailleurs se produire dans un laps de temps très court, ce qui conduit à des variations de température qui peuvent être de 5° par minute et à des variations de pression de 10 mm de mercure par seconde : un essai ne sera d'ailleurs concluant que si l'on peut reproduire cycliquement ces variations. Bien que ces conditions paraissent passablement dures elles ne sont qu'une étape et peuvent à bref délai être remplacées par d'autres encore plus draconiennes.

Types de chambres.

L'étude préliminaire de ces climats permet de classer les principaux types d'installations qui permettent de les réaliser en cinq types principaux.

1° *La chambre à climat tempéré*, dont le type est dit : chambre à température constante (ou à température et humidité constantes).

2° *La chambre chaude* pour l'obtention des climats désertiques et équatoriaux.

3° *La chambre froide* pour réaliser le climat arctique.

4° *La chambre tous climats*, qui est une combinaison des trois premières avec, en plus, possibilité d'alternances.

5° *Le caisson d'altitude*.

Dans les trois premiers types de chambres, on peut, outre les conditions de température et d'humidité à obtenir, avoir besoin de réaliser soit :

Un vent relatif (en général maximum de 30 à 50 m/s) ;

Des précipitations d'eau douce rappelant la pluie ;

Des précipitations d'eau salée (embruns) ;

De la poussière ou du vent de sable.

Toutefois ces essais accessoires n'influencent pas sur le système de conditionnement d'air.

Réalisation des chambres à température constante.

Pour réaliser économiquement ce genre d'installation, il faut que ce local soit parfaitement adapté à sa fonction ; il est recommandé de le choisir aussi bien isolé que possible au point de vue thermique et à l'abri de la radiation solaire directe ; un sous-sol est en général ce qui convient le mieux car on peut alors se dispenser de l'isoler thermiquement. Si la chambre doit être installée dans un atelier, comme c'est souvent le cas, le moyen le plus économique consiste à construire une chambre en bois, à double parois, dans l'intervalle desquelles sera prévu une isolation en laine de verre.

La surface vitrée agencée en double vitrage sera réduite au strict nécessaire et l'éclairage artificiel est à conseiller. La hauteur de plafond doit être proportionnée au volume de la salle et aux machines à implanter ; une trop grande hauteur augmente inutilement les échanges calorifiques par parois et un plafond trop bas risque d'occasionner des difficultés de soufflage et un mouvement d'air sensible pour les occupants. La porte, du type à feuillure, étanche, sera munie d'un sas.

Il convient naturellement de réduire la charge calorifique interne du local au minimum possible et pour cela :

Limiter le volume au minimum.

Nombre d'occupants strictement nécessaire aux travaux.

Ne prévoir que les travaux pour lesquels la constance de température est indispensable.

Éclairage général réalisé par tubes luminescents, ce système économise 60 % de la chaleur apportée par des lampes à filaments métalliques.

La puissance des moteurs électriques utilisés dans le local sera déterminée exactement et au besoin par mesure directe au wattmètre ; leur puissance nominale est souvent surabondante par rapport à la puissance réellement absorbée par la machine : d'autre part, il convient d'apprécier aussi correctement le facteur d'utilisation. Par exemple, il est tout à fait improbable que tous les différents moteurs d'une machine à pointer travaillent tous à leur puissance maximum pendant 60 mn.

Appareil de conditionnement (fig. 1).

La caractéristique d'une chambre de métrologie doit être avant tout la sécurité de marche et de permettre un fonctionnement permanent de jour, de nuit et même de fin de semaine ; en effet on n'aura pas en général la possibilité d'attendre la remise à température des pièces et des machines pour travailler.

L'appareillage peut être du type classique : registre de mélange air neuf-air de reprise, laveur-séparateur, batterie de chauffe, ventilateur.

L'emploi du laveur est recommandé pour plusieurs raisons :

Il dépoussiére complètement l'air en circulation, ce qui est précieux pour des ateliers de précision.

Il permet de régler aisément l'hygrométrie avec précision et d'autre part la masse d'eau en circulation dans le laveur est un facteur très important de la stabilité du réglage de la température.

La régulation sera électrique ou pneumatique ; cette dernière paraît avoir l'avantage d'éviter toute oscillation de température instantanée. Le réglage de l'humidité sera avantageusement réalisé par le système dit du point de rosée.

L'équipement frigorifique peut être d'un type quelconque, mais il convient d'utiliser l'eau comme fluide intermédiaire avec un évaporateur calculé avec un très faible écart de température.

Étant donné que les besoins calorifiques d'une semblable installation sont faibles et que l'on peut les satisfaire aisément avec de l'eau à une température modérée, on utilisera la machine frigorifique en pompe de chaleur, en faisant tourner l'eau du condenseur en circuit fermé ; ceci évite toute source de chaleur extérieure à l'installation et qui pourrait faire défaut la nuit, en fin de semaine ou l'été.

Par ce système, en hiver on produit des calories avec un rendement d'au moins 200 % par rapport au chauffage électrique : en été, la chaleur est entièrement gra-

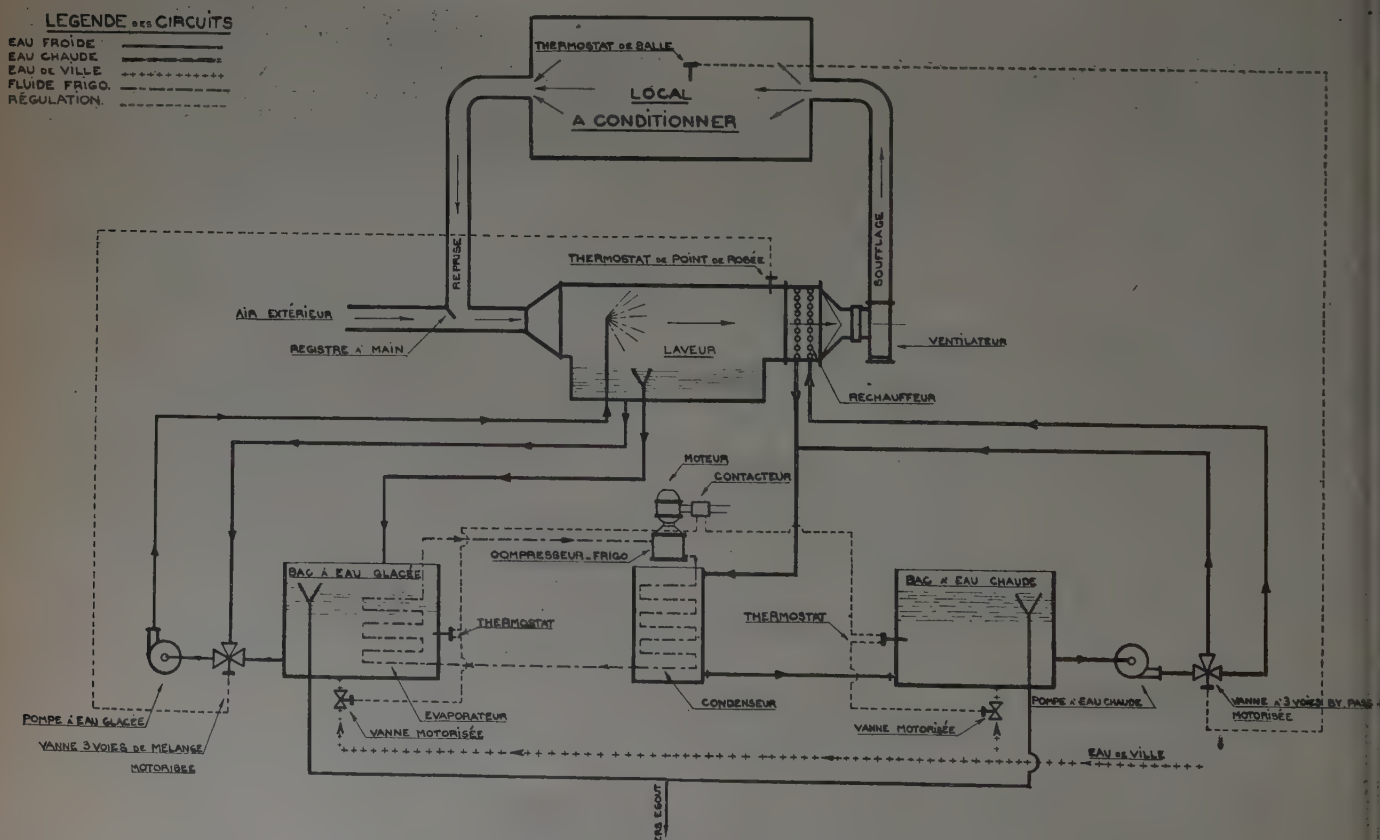


FIG. 1. — Schéma de conditionnement d'une chambre à température et à humidité constantes avec chauffage thermodynamique.

tuite et on supprime toute consommation d'eau au condenseur; on y gagne également en simplicité et l'installation prend un aspect où la production et l'utilisation de la chaleur et du froid sont disposés symétriquement.

La distribution de l'air dans la chambre doit être particulièrement soignée, car son but est de réaliser une température précise à environ 2 ou 3/10 de degrés près dans tout le plan horizontal de travail (généralement 1,25 m); on y parvient en éjectant l'air à la partie supérieure, à une certaine vitesse permettant par induction, l'aspiration de l'air du local, qui mélangé à l'air de soufflage, homogénéise la température dans toute la salle.

Ce schéma d'installation convient pour des chambres de 15 à 25° avec ou sans réglage précis de l'humidité relative.

Chambres chaudes (fig. 2).

Ce que nous avons dit au sujet du calcul des chambres à température constante subsiste intégralement; surface minimum en parois et en vitres (doubles) mais par contre la charge calorifique intérieure n'a pas d'influence.

Le point capital de la construction de la chambre est l'isolation; celle-ci peut être relativement modérée, car l'augmentation de puissance calorifique de l'installation est plus économique que l'investissement en calorifuge (la durée de marche n'étant généralement pas un facteur à considérer) mais il est essentiel qu'elle puisse résister à l'humidité et au besoin à l'alternance du climat sec et

du climat humide en raison de la condensation provoquée sur les parois. La construction devra donc être particulièrement soignée.

En règle générale, le plancher devra être incliné ou avec une rigole pour évacuer l'eau de condensation. Une porte isothermique du commerce avec joint caoutchouc peut suffire.

En ce qui concerne les murs, l'extérieur pourra être en brique avec enduit et à l'intérieur, l'isolation en liège expansé sera placée entre deux couches de bitume de façon à réaliser l'imperméabilité totale. L'emploi de la laine de verre paraît être à déconseiller, car on connaît mal sa tenue à l'humidité prolongée.

Les passages de câbles électriques seront particulièrement soignés et exécutés avec des boîtes à bornes étanches et très largement dimensionnés.

Le matériel de conditionnement sera entièrement extérieur à la chambre, parfaitement calorifugé et soigneusement traité dans toutes ses parties contre la rouille, de préférence par cadmiage. Les gaines peuvent être en duralumin ou aluminium au manganèse.

Le schéma peut être le suivant :

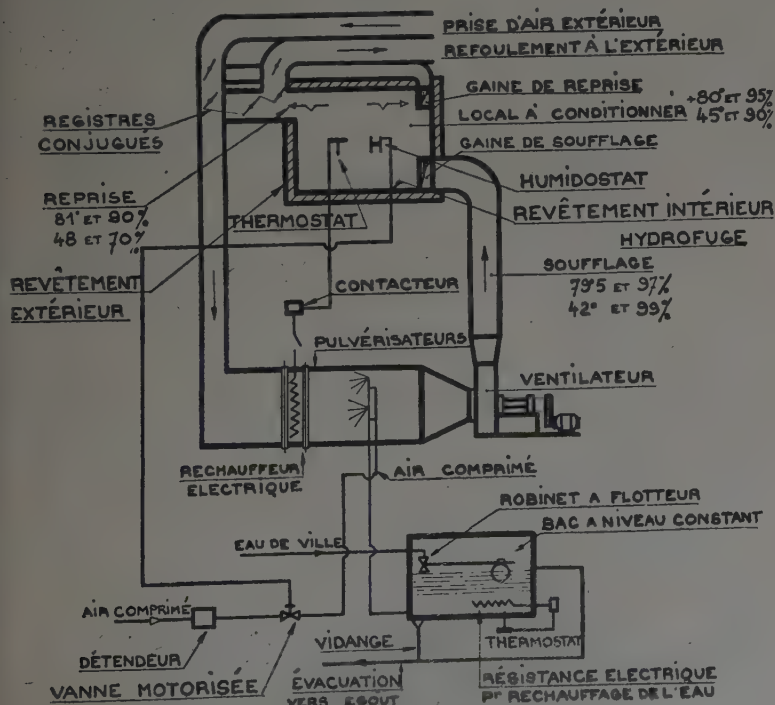
En tête d'appareillage de conditionnement, un triple registre à commande conjuguée permet soit de reprendre totalement ou partiellement l'air de reprise et d'admettre la quantité d'air extérieur froid, soit pour permettre le réglage automatique d'une façon simple et toujours dans le même sens, soit pour refroidir la chambre : une résistance électrique blindée, subdivisée en plusieurs éléments assure le chauffage. En dérivation se trouve placé l'humidificateur, qui peut être constitué par un caisson à niveau d'eau constant dans lequel plonge une résistance électrique; des vannes automatiques étanches permettent d'isoler l'humidificateur; le ventilateur de préférence à commande par courroies aspire l'air et le refoule dans le conduit de soufflage placé à la partie supérieure (bien qu'il paraîtrait avoir sa place en bas) en raison de ce qu'il faut tenir le plafond assez chaud pour éviter la condensation et qu'il ne pleuve dans la chambre.

Le contrôle peut être à main ou automatique; dans ce dernier cas le thermostat commande tout ou partie de la résistance et l'humidostat commande les vannes automatiques d'isolement de l'humidificateur et la résistance de chauffage de l'eau. La difficulté est de sélectionner des appareils ayant bonne tenue aux humidités élevées.

Chambres froides.

Dans le calcul de ces chambres, on devra estimer à sa juste valeur la charge calorifique, s'il y a lieu, des appareils essayés.

Les panneaux vitrés pour examen à l'intérieur de la chambre auront des vitres triples; d'ailleurs ils se recouvrent souvent de givre ou



Cliché Chaleur et Industrie.

FIG. 2. — Schéma du conditionnement pour chambre d'essais pour climats désertiques et équatoriaux.

de condensation empêchant toute visibilité, on peut toutefois prévoir des cartouches séchantes entre les panneaux vitrés sous réserve que ceux-ci seront démontables.

Les portes doivent être étudiées de près : bloquées par le givrage, elles doivent posséder un système d'arrachement pour permettre une ouverture qui ne soit pas fastidieuse ; on réduira au minimum les parties métalliques, tuyaux, câbles, etc., traversant l'isolation de part en part.

Contrairement aux chambres chaudes et étant donné le prix élevé d'installation des frigories, on a intérêt à prévoir une isolation importante, comme par exemple 24 cm de liège expansé pur, ou de la laine de verre.

En raison des condensations, on prévoira un enduit intérieur étanche (ciment ou bitume) ou un revêtement métallique (aluminium).

Le matériel de conditionnement sera avantageusement placé à l'intérieur ; des ventilateurs hélicoïdes obligent l'air à passer sur l'échangeur (détente directe ou saumure).

Somme toute, la technique de ces chambres froides ne diffère sensiblement pas de celles utilisées dans l'industrie

frigorigène, mais souvent avec des températures plus basses.

Chambres tous climats avec alternance (fig. 3).

Il apparaît qu'il n'est pas recommandé de réaliser des chambres réalisant toutes les variétés de climats pour les raisons suivantes :

1^o *Facteur isolation.* — Nous avons vu que l'isolation des chambres chaudes et froides ne sont pas du même type, il faudra donc surdimensionner soit les appareils producteurs de chaleur, soit les appareils producteurs de froid.

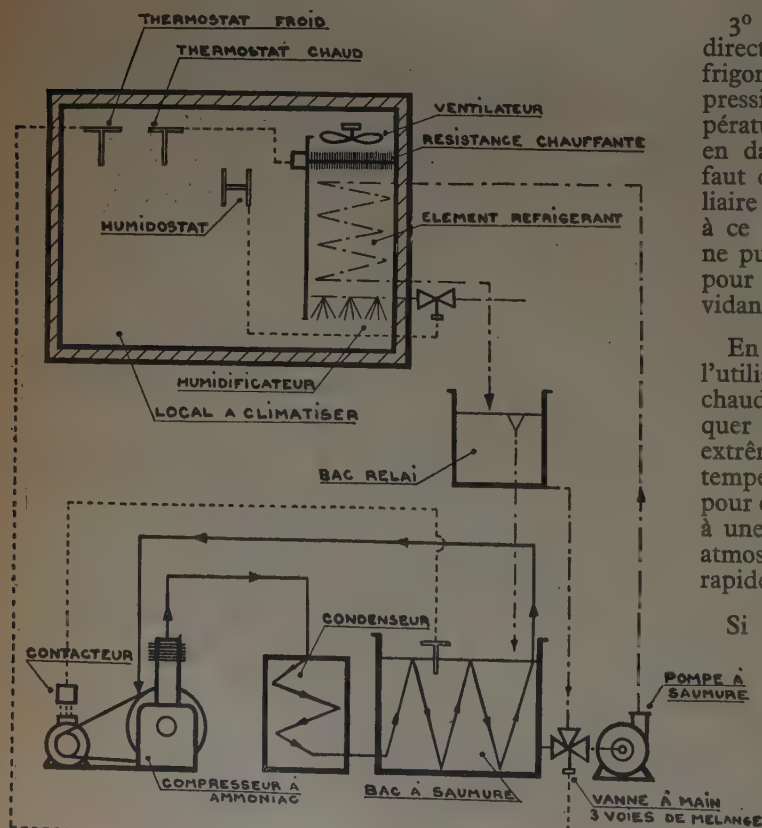
2^o *Facteur construction.* — On conçoit qu'il est difficile de réaliser une construction mixte, brique, enduit, isolation, revêtement étanche, tout en conservant une tenue satisfaisante avec des écarts rapides de température atteignant parfois 140° et une condensation abondante sur les parois, lors des périodes de refroidissement rapide. Ces chambres ayant souvent des dimensions importantes, l'humidité, la dilatation et la contraction de matériaux hétérogènes finissent par ruiner la structure la mieux établie et en fait, ces chambres ne peuvent prétendre à une longue durée.

3^o *Facteur froid.* — Si l'installation est en détente directe, il ne pourrait être question de porter le fluide frigorigène au delà d'une certaine température, car la pression de ce fluide augmente rapidement avec la température et conduirait à des taux inadmissibles, mettant en danger les tuyauteries et la machine elle-même ; il faut donc que le froid soit transmis par un fluide auxiliaire ce qui complique l'installation ; il faut encore veiller à ce que pendant la période de climat chaud, ce fluide ne puisse transmettre de la chaleur à l'agent frigorigène pour éviter l'élévation de sa pression, ce qui conduit à vidanger l'échangeur pendant cette période.

En conclusion, on évitera dans la mesure du possible l'utilisation de ces chambres et on prévoira une chambre chaude et une chambre froide. On peut d'ailleurs remarquer que lorsque l'on passe cycliquement d'un climat extrême à un autre, on passe obligatoirement par une température tempérée ; on peut profiter de ce passage pour opérer le transfert du matériel en essai d'une chambre à une autre, sans qu'il subisse l'influence des conditions atmosphériques régnant dans le local, à condition d'opérer rapidement.

Si néanmoins, on désire construire une chambre à climats extrêmes alternés on tiendra compte des observations suivantes :

Calculs. — Pour les variations cycliques, intervient dans le calcul un nouveau facteur qui est l'inertie des parois ; il est évident que l'on doit rechercher un compromis entre la plus forte isolation possible et une inertie la plus faible, sinon, les appareils producteurs de froid et de chaleur risquent de nécessiter une puissance considérable.



Cliché Chaleur et Industrie.

Fig. 3. — Schéma de conditionnement pour chambre tous climats.

Il apparaît qu'une isolation réalisée en Alfol trouvera ici sa place. Dans le cas de nécessité de variations très rapides, on peut se libérer de la sujétion de l'inertie des parois en faisant une double paroi à circulation d'air que l'on peut refroidir ou réchauffer par une installation auxiliaire à grande puissance instantanée (accumulation).

Si on ne peut utiliser cette méthode et que l'on doit utiliser des parois pleines, il est de toute nécessité de tracer la courbe d'influence de cette paroi pour déterminer les surpuissances nécessaires. Ce tracé est d'ailleurs indispensable toutes les fois qu'il s'agit d'abaisser ou d'augmenter la température du local d'un grand nombre de degrés dans un temps déterminé, problème qui revient fréquemment dans ce genre d'installation.

La détermination de la surpuissance frigorifique pose ici un problème particulier du fait que contrairement à une source chaude qui a en général une puissance constante, la source froide a une puissance variable, fonction de la température d'évaporation d'un fluide frigorifique donné; cette température d'évaporation dépend elle-même de la température de l'air sur l'échangeur.

Une fois que l'on aura déterminé la courbe de la puissance frigorifique nécessaire en fonction du temps, il faudra s'assurer qu'elle est réalisable avec la machine frigorifique prévue, en y comparant la courbe de puissance de cette machine en fonction de la température d'évaporation elle-même également fonction du temps.

Ces calculs demandent à être examinés de très près, afin de ne pas risquer de dépasser les durées autorisées pour les variations de climats et d'autre part, ne pas utiliser des machines surpuissantes et très onéreuses dans le cas du froid. Pour ces raisons, il est souvent intéressant de prévoir des installations à accumulation.

Caissons d'altitude (fig. 4).

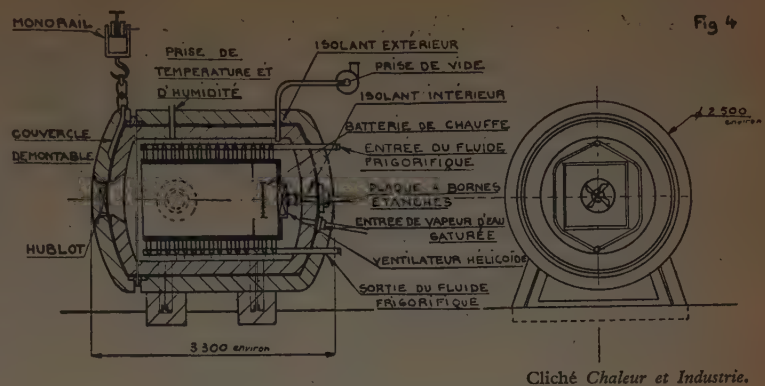
Si les conditions de basses pressions ne sont pas indispensables, les essais peuvent être faits à l'aide de chambres chaudes et froides des types précédemment décrits.

S'il est nécessaire de réaliser ces cycles à basse pression il faut prévoir de ce fait des sujétions particulières.

Le fait que la différence de pression sur les deux faces de la chambre pouvant presque atteindre 1 kg/cm^2 , élimine entièrement l'emploi des chambres construites suivant le mode habituel. Il faut prévoir ici de véritables caissons en tôle forte, du genre de ceux utilisés dans les caissons pour air comprimé et calculés pour résister à la pression; ce caisson, de préférence de forme circulaire, sera parfaitement calorifugé, la porte, en général très lourde, nécessitera un appareillage spécial pour la manœuvrer.

Les passages de gaines, tubes, fils seront soigneusement étudiés au point de vue pression et transmission de chaleur et c'est un problème délicat.

Dans le calcul des ventilateurs, échangeurs, gaines, on tiendra compte de la faible densité de l'air à la pression de 125 mm de mercure, ce qui obligera en général à de



Cliché Chaleur et Industrie.

FIG. 4. — Caisson d'altitude tous climats de $+60^\circ$ et 5 % A + 40° et 90 % et -60° pression 120 mm Hg.

grandes dimensions et à calculer les appareils en dehors des normes habituelles.

L'obtention du vide ne présente pas de difficultés particulières et sera réalisé par une petite pompe à vide, car le volume à extraire n'est généralement pas considérable.

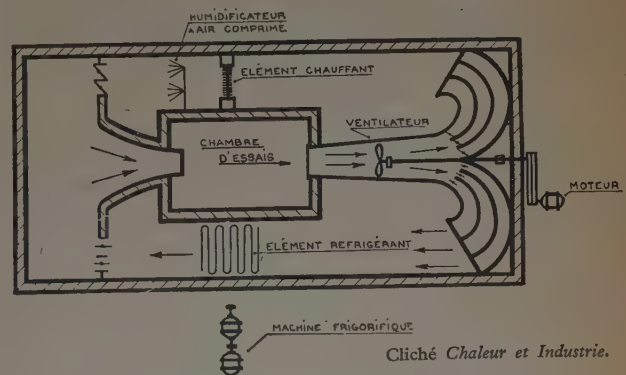
Pour hâter la mise en régime, il est recommandé de l'effectuer à pression normale et de ne faire le vide qu'une fois les conditions obtenues.

Souffleries conditionnées (fig. 5).

Si en plus des conditions de température, humidité, pression, on désire réaliser un vent relatif, il faut opérer en soufflerie conditionnée.

Pour tenir compte des observations précédentes on décomposera la soufflerie en deux branches de retour; l'une contenant les appareils producteurs de chaleur et d'humidité et l'autre les appareils de froid, ces deux branches pouvant être aisément isolées.

Le moteur de commande du ventilateur sera naturellement placé à l'extérieur de la soufflerie, mais néanmoins, sa puissance sur l'arbre est entièrement dissipée en chaleur dans la soufflerie et grevant par là considérablement les besoins de froid.



Cliché Chaleur et Industrie.

FIG. 5. — Schéma d'une soufflerie à double retour, conditionnée pour tous climats.

CONCLUSIONS

Ce rapide aperçu du problème des chambres d'essais climatiques montre l'importance et la diversité des installations auxquelles elles conduisent et la complexité des problèmes à résoudre.

Une récente installation à Eglin Field, aux États-Unis, paraît être une des plus importantes du genre.

Il s'agit d'un hangar d'avion, pour y expérimenter le comportement d'un avion sous toutes conditions de climat. Ce hangar mesure 60 m \times 75 m avec une hauteur variant de 10 à 21 m à la clef.

Il est agencé en chambre tous climats permettant de passer de + 35° extérieur à - 50° intérieur en 48 h, et de - 4° extérieur à + 74° intérieur en 16 h, condi-

tions maintenues malgré le fonctionnement d'un moteur de 2 500 ch.

L'isolation en laine de verre a environ 1/3 de mètre d'épaisseur, donc grande isolation et faible inertie.

Sans rechercher dans l'immédiat des installations aussi colossales, il faut admettre que nous y serons conduits un jour prochain et qu'il convient dès maintenant de hausser notre technique à ces niveaux jamais atteints.

Vous voyez, Messieurs, que tous ces problèmes de chambres d'essais peuvent être susceptibles d'une infinité d'applications.

Je m'excuse, Messieurs, si j'ai abusé de votre patience; j'ai cependant essayé d'être le moins long possible.

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT. — La communication de M. DESPLANCHES nous a paru très courte, parce que son intérêt nous a constamment tenus en haleine. Aucun auditeur ne demandant la parole pour un éclaircissement (et en effet M. DESPLANCHES n'a rien laissé dans l'ombre), je me permettrai quelques commentaires :

L'application du chauffage thermodynamique aux cabines dites à climat tempéré, telle que la réalise M. DESPLANCHES, est peut-être l'une des plus belles que l'on puisse faire de ce malheureux don de Minerve, dont on parle tant mais que l'on pratique si peu. En effet, le cycle de conditionnement exige alors successivement une fourniture de *froid modéré* et de *chaleur modérée*. Les produire séparément est antirationnel et ruineux; les demander respectivement à l'évaporateur et au condenseur d'une même machine frigorifique devient très satisfaisant à la fois pour l'esprit et pour la bourse. Afin de bien marquer le caractère équilibré de cette solution, M. DESPLANCHES a eu la coquetterie d'en présenter le dessin de façon presque rigoureusement symétrique, côté chaud et côté froid.

M. DESPLANCHES. — Vous avez un compresseur, deux bacs, deux pompes, deux vannes, deux séries d'appareils de régulation. Cela fait une installation extrêmement symétrique et très simple.

LE PRÉSIDENT. — Au reste, tous ces « climats » que M. DESPLANCHES a judicieusement classés, en fonction des températures, humidités relatives, pressions, vitesses, n'étaient pas le fait d'un prototype standard, utilisé vaille que vaille. Puisqu'il s'agissait de cas très différents, chacun a été étudié à fond avant de recevoir sa solution propre. M. DESPLANCHES sait trop qu'une conception passe-partout ne saurait (dans chaque cas particulier) utiliser au mieux le matériel et l'énergie qu'on lui confie.

M. DESPLANCHES. — Au début, nous avons essayé de dessiner quelque chose de standard, qui puisse s'appliquer à tous les cas. Mais nous n'avons pas tardé à reconnaître que, malheureusement, ce n'était pas possible, parce que les desiderata des usagers ne sont pas du tout les mêmes. Il est malheureusement impossible de faire un appareil standard pour le chaud et le froid. L'appareil qui permet de descendre à - 40° n'a aucun rapport avec celui qui permet de descendre à - 60°. C'est uniquement un souci d'économie qui fait étudier plusieurs types, qui permettent de résoudre une quantité de problèmes qui sont d'autant plus onéreux à résoudre qu'ils sont plus difficiles.

LE PRÉSIDENT. — Il est réconfortant de savoir que ce matériel, destiné pour une bonne part à être exporté, et qui permet des fabrications de qualité destinées elles aussi pour une bonne part à l'exportation, est étudié aussi consciencieusement dans toutes ses parties, compte tenu des conditions de travail si variées qu'il peut avoir à supporter.

M. DESPLANCHES. — Le marché pour le matériel de conditionnement destiné aux pays neufs qui s'équipent actuellement est extrêmement vaste, mais, dans ce cas, il ne s'agit pas d'exporter du matériel dont seulement quelques éléments ont été essayés; il faut absolument que tout le matériel ait subi l'épreuve du bon fonctionnement dans les conditions climatiques qu'il rencontrera en service courant.

Si, du point de vue mécanique, il y a peu de craintes à avoir, par contre, il faut que tout le matériel électrique ait été soigneusement essayé à haute température et à forte humidité. Sinon, il se trouvera dans le cas d'avoir, quelque part dans le fond de la brousse, un appareil en panne parce qu'un interrupteur ou un disjoncteur n'aura pas tenu à une humidité très élevée; ou bien que certaines liaisons électriques seront mises à la masse par défaut d'isolant.

Ceci est pour bien faire comprendre qu'il ne s'agit pas d'essayer les parties constituantes d'un appareil, mais qu'il est absolument indispensable que l'ensemble monté ait subi l'épreuve du climat équatorial.

J'ai installé une chambre chaude chez un des plus importants constructeurs de la région parisienne de matériel téléphonique et télégraphique. A la suite des essais exécutés dans cette chambre chaude, la fabrication a dû être complètement modifiée : cette Maison avait des contrats avec des pays d'Extrême Orient et il fallait que les appareils donnent satisfaction dans des conditions climatiques extrêmement dures. Les essais ont montré que les précautions qui avaient été prises étaient absolument inopérantes et il a fallu modifier de nombreux isolants, changer le mode de protection des métaux pour pouvoir arriver à un fonctionnement convenable dans les conditions envisagées.

LE PRÉSIDENT. — Le sort de la guerre en Océanie a été un moment en suspens, parce que bien des équipements militaires américains, notamment les appareils de radio, ne fonctionnaient plus dans les conditions climatiques exceptionnelles qu'ils avaient à subir. Grâce à de multiples essais en chambres climatisées, l'industrie des U. S. A. fut très vite en mesure d'opérer les transformations qui s'imposaient.

M. DESPLANCHES. — On peut dire que la victoire du Pacifique, des Américains est due au fait qu'on a été jusqu'au bout de l'idée de faire des essais en chambre climatisée pour tout le matériel qui a été là-bas, depuis le matériel de guerre jusqu'aux insecticides, jusqu'aux vêtements, pour être certain qu'une colonne ne serait pas arrêtée par un détail infime.

LE PRÉSIDENT. — On sait qu'auparavant les Ingénieurs

américains étaient déjà largement acquis à la cause de la climatisation des stations d'essai, et même des ateliers tout entiers. Voici une douzaine d'années, le Directeur de la Société Frigidaire me disait qu'à ses yeux, l'excellence des compresseurs américains trouvait là sa principale explication, deux pièces usinées l'une en été, l'autre en hiver, restant strictement superposables en toutes circonstances, ce qui comporte la disparition des jeux, fuites, usures anormales, etc...

Les Services des Étalons Métriques du Conservatoire National des Arts et Métiers bénéficient de locaux climatisés depuis de longues années déjà. C'est la première application que M. DESPLANCHES ait réalisée, si je suis bien informé. On y maintient la température fixe à un dixième de degré près.

M. DESPLANCHES. — Il faut dire que les murs sont à double paroi et que l'installation est manipulée par du personnel d'élite, parce qu'en effet la présence d'un opérateur influe sur la température. Cela se lit sur des enregistreurs extrêmement sensibles. Mais si le personnel a la précaution d'allumer ou d'éteindre une lampe, qui fait environ 50 W, l'oscillation est amortie. Ainsi vous voyez les précautions qu'il faut prendre, pour ne pas troubler le régime.

LE PRÉSIDENT. — En terminant, nous soulignerons qu'à son habitude M. DESPLANCHES n'a pas cherché d'effet spectaculaire ; avec sa sobre objectivité habituelle, il a seulement voulu renseigner au mieux ceux qu'intéresse le problème en cause. Nous l'en remercions bien sincèrement.

Nos remerciements s'adressent aussi aux personnalités qui nous ont honorés de leur présence, notamment MM. les Présidents DOUCHEZ et MISSENAUD.

12.188-12-49.

ARRAULT ET C^{IE}

Maitres Imprimeurs, Tours (France

Dépôt légal : 4^e trimestre 1949.

Le Directeur-Gérant : M. GUÉRIN

(Reproduction interdite.)

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS-VII^e

Décembre 1949

N° 111

Nouvelle Série.

BÉTON. BÉTON ARMÉ, N° 11

CENTENAIRE DE L'INVENTION DU CIMENT ARMÉ



COMMÉMORATION ORGANISÉE DU 8 AU 10 NOVEMBRE 1949

SOUS LE HAUT PATRONAGE DE

M. le Ministre des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme;
M. le Ministre de l'Industrie et du Commerce;
M. le Ministre de la Reconstruction et de l'Urbanisme;

PAR LA

Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé de France.

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

CENTENAIRE DE L'INVENTION DU CIMENT ARMÉ

Le centenaire de l'invention du béton armé a été commémoré avec éclat au cours de diverses manifestations, auxquelles assistaient les délégués de vingt nations, et qui comportaient une séance solennelle, des conférences techniques, des visites de chantiers, l'inauguration de l'Exposition du béton armé et un Banquet de clôture.

SÉANCE SOLENNELLE

La séance solennelle s'est tenue au Théâtre des Champs-Élysées sous la présidence de M. Christian PINEAU, Ministre des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme, en présence de M. FORGEOT, Secrétaire général de la Présidence de la République représentant M. Vincent AURIOL, de M. JOUHAUX, Président du Conseil Économique, de M. Claudius PETIT, Ministre de la Reconstruction et de l'Urbanisme, de M. André MORICE, Secrétaire d'État à l'Enseignement Technique, de M. Henri DURAND, représentant M. Robert LACOSTE, Ministre de l'Industrie et du Commerce, des Directeurs des Grandes Administrations et des Grands Services Publics et des personnalités les plus marquantes du Monde de l'Entreprise et des Ingénieurs.

Quatre allocutions ont été prononcées :

M. FOUGEA, Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé de France, a rendu hommage à la mémoire des trois précurseurs : LAMBOT, François COIGNET et MONIER, puis a rappelé l'action des savants, ingénieurs et constructeurs français de la génération passée, qui ont donné une splendide impulsion à la découverte de leurs prédécesseurs, et, après avoir signalé la contribution étrangère, a émis quelques idées générales. Il a notamment montré le caractère particulier du béton armé qui a les qualités communes, mais accrues de ses constituants, et insisté sur les bienfaits pacifiques et l'apport à la civilisation que constitue l'invention d'un nouveau mode de construire comme le béton armé.

M. CHETTOE, du Ministère des Travaux Publics de Grande-Bretagne, parlant au nom des délégations étrangères, déclara qu'il était juste que la célébration du centenaire de l'Invention du béton armé ait lieu en France, car ce matériau n'a vraiment pris place

dans le Monde que grâce aux brillants travaux techniques des Français durant les 100 années écoulées, et récemment encore par la découverte du béton précontraint.

M. Claudius PETIT magnifia le rôle des ingénieurs du béton armé et aussi des architectes qui surent l'utiliser et créer la plastique nouvelle, puis montra la place que le béton armé a pris dans la construction moderne.

M. Claudius PETIT insista sur la nécessité « d'un mariage de raison » entre architectes et ingénieurs, de manière à utiliser ce matériau avec franchise, en employant tous ses moyens pour créer des édifices confortables, durables et esthétiques, que ce soit des palais ou de modestes maisons d'habitation. Il conclut en indiquant que puisque, grâce au béton armé, les hommes, les femmes et les enfants sont mieux logés, ce centenaire est bien célébré.

M. Christian PINEAU fit remarquer que, si la France a pour tradition d'honorer ses grands hommes, elle a parfois tendance à négliger ses constructeurs au profit des hommes politiques et des généraux de son Histoire. Le fait que nous célébrions le centenaire de l'Invention du béton armé avec une solennité inaccoutumée, dit-il, constitue une évolution qui mérite d'être soulignée. Après avoir associé le Corps des Ponts et Chaussées à l'hommage rendu, il rappela l'effort accompli depuis 1944 dans l'œuvre de reconstruction, où le béton armé a joué un rôle immense. Il conclut en montrant l'importance de la besogne restant à accomplir, par la construction, pour la création d'une vie nouvelle, plus confortable et plus saine, en assurant dans le progrès du monde, comme l'ont fait nos Anciens, la continuité de la France.

Ces allocutions, très applaudies, furent suivies de la représentation de trois ballets parfaitement réussis.

Reinforced concrete was invented a hundred years ago and that anniversary was stately commemorated in the presence of the delegates of twenty countries. The festivities included a solemn meeting, technical lectures, sites examinations, the opening of the Reinforced Concrete Exhibition and a final banquet.

CONFÉRENCES TECHNIQUES

MARDI 8 NOVEMBRE, MATINÉE

Présidence de M. FOUGEA,
Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs
en Ciment Armé de France.

NAISSANCE DU BÉTON ARMÉ

Par M. Albert CAQUOT, Membre de l'Institut.

La qualité de la matière maîtrisée par l'homme et mise à sa disposition reste, à chaque époque de l'Histoire du monde, la substance principale de l'évolution; cette substance fut successivement la pierre, le bronze, le fer puis le ciment armé, qui allie la permanence de la pierre à la résistance du fer. Le véritable créateur n'est pas celui qui, au hasard, émet des hypothèses, mais celui qui, connaissant les moyens dont il peut disposer, les groupe par le raisonnement, les associe par leur commune qualité pour en faire une réalité concrète dans cette harmonie.

Des armatures avaient déjà été placées dans la maçonnerie de pierre, notamment par RONDELET, mais le mariage de la maçonnerie et de l'acier ne put être pratiquement réalisé qu'après l'invention du ciment; la France fournit au XIX^e siècle les deux savants théoriciens de ce nouveau liant hydraulique VICAT et LE CHATELIER. Toutes les conditions nécessaires à la naissance du béton armé étaient alors réalisées, et il ne faut pas s'étonner de voir des inventeurs ne se connaissant vraisemblablement pas, découvrir à peu près en même temps le béton armé, mais avec des méthodes nettement distinctes. LAMBOT était spécifiquement un inventeur et se contenta de créer des prototypes; François COLGNET, qui était Ingénieur et Entrepreneur, réalisait les premières constructions en béton, c'est la recherche de l'unité de main-d'œuvre dans les chantiers qui le conduisit au plancher en ciment armé. MONIER, jardinier ayant à lutter contre la destruction des bacs à fleurs construits en bois, réalisa de son côté l'utilisation du béton armé en l'appliquant aux caisses; en raison de son orientation professionnelle, son exploitation fut modeste, mais il vendit ses brevets à des industriels allemands qui montrèrent une grande activité; Monierbau de l'autre côté du Rhin est synonyme de béton armé.

Les premières réalisations ne sortaient pas du domaine de l'application directe par expérimentation. Un animateur extraordinaire, François HENNEBIQUE, vers la fin du XIX^e siècle, en utilisant des formules simples, sut faire les projets les plus divers et construire les grands ouvrages d'Art. Des savants CONSIDERE, RABUT, MESNAGER entreprirent des études, déterminèrent les lois de stabilité. Ce fut alors le développement de la construction en béton armé en France, puis dans l'Europe occidentale et enfin dans le monde entier.

L'alliance du fer et du béton se fait de plus en plus intime pour nous servir plus économiquement et plus harmonieusement. Il faut maintenant réagir par le travail et le progrès des éléments concrets, pour réaliser ce niveau de vie nécessaire à la spiritualité en suivant l'exemple de ces hommes qui, en un siècle, par la naissance et la mise au point du béton armé, nous ont doté d'un outil nouveau. Grâce à eux, nous pouvons l'utiliser avec une remarquable efficacité pour notre relèvement d'aujourd'hui.

* * *

LE BÉTON ARMÉ ET L'ARCHITECTURE

Par M. Auguste PERRET, Membre de l'Institut.

A l'origine, l'Architecture est toute de charpente en bois, mais le bois brûle, alors on construit en dur, et le prestige de la charpente en bois est tel que, construisant en dur, on reproduit trait pour trait, et jusqu'aux têtes de cheville, la charpente en bois. De ce moment, on peut dire que l'Architecture n'est plus qu'un décor. Cependant, sur le sol de France s'élève le roman qui est une architecture de plus et puis voici la nervure et l'arc-boutant, la nervure qui permet la localisation des bois, qui débarrasse le sol, crée les grandes verrières et permet la magie du vitrail.

Cette création française couvre l'Europe d'abord, et puis voici venir la charpente du béton de ciment armé, cette charpente qui couvre le monde, cette charpente qui nous donnera non pas un décor, mais une authentique architecture.

MARDI 8 NOVEMBRE, APRÈS-MIDI

Présidence de M. CAMBOURNAC,
Président de la Société des Ingénieurs civils de France.

SOUVENIRS

Par M. FREYSSINET,
Président d'Honneur de l'Association Scientifique
et Technique de la Précontrainte.

Le conférencier témoigne sa reconnaissance à deux hommes qui eurent sur lui une influence profonde :

RABUT, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, qui a été son professeur et dont le génie et la foi ont arraché le béton armé à l'empirisme, pour le remettre, préparé pour les conquêtes, aux hommes de sa génération.

MERCIER, entrepreneur, sans grande instruction scolaire, mais doué d'une intelligence claire et pénétrante, s'intéresse à ses projets et lui permet de construire trois prototypes, les ponts de Boutiron, Châtel-de-Neuvre et de Veudre. C'est à l'occasion de ces ouvrages que le conférencier mit au point certaines de ses conceptions, notamment le décintrement des arcs par action de vérins à la clé, qu'il fit pour la première fois un ouvrage d'essai en béton précontraint et qu'il a constaté la plasticité du béton et la variation du module élastique du béton, qui ne furent admis officiellement que beaucoup plus tard.

Cette conférence fut suivie de la projection de films concernant la construction de chalands en béton armé et du pont de Plougastel.

*
* *

L'ÉVOLUTION DU BÉTON ARMÉ

Par M. FOUGEROLLE, ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France, Président Honoraire de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment armé de France.

L'essor du béton armé n'intervint qu'à partir de 1890 avec le constructeur né, l'animateur exceptionnel qu'était François HENNEBIQUE. De nombreux chercheurs et constructeurs apportèrent leur concours au développement du nouveau matériau : Edmond COIGNET, COTTANCIN, BORDENAVE, COULARON, MATTRAI, DEMAY, BOUSSIRON, PKETTY, puis CONSIDERE, HAREL DE LA NOÉ et MESNAGER.

Le plancher fait son apparition sous la forme de dalles, puis de hourdis avec solives ; puis viennent les réservoirs, les tuyaux. Le premier pont construit avait 2 m de portée, mais, dès 1898, HENNEBIQUE édifia le pont de Châtellerault comportant une arche de 50 m de portée.

Les couvertures, dans le domaine desquelles le béton armé devait connaître tant de succès, débute par les toitures de réservoirs. Les pieux, les radiers généraux, les caissons, les murs de soutènement sont peu à peu construits en béton armé.

La Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé a eu, et continue à avoir, une grosse influence dans cette progression ; la ligne de conduite choisie par son premier président, Edmond COIGNET, fut suivie par tous ses successeurs, elle prend la forme heureuse d'un trait d'union entre la profession et la technique.

A l'étranger, le béton armé fut aussi utilisé, particulièrement en Allemagne et en Autriche, grâce aux brevets MONIER, et en Amérique.

Le développement du béton armé marque de nouveaux progrès depuis la circulaire ministérielle française de 1906, en profitant successivement :

— Des progrès de la qualité de ses constituants : ciment et acier ;

— Des expériences méthodiques poursuivies soit au laboratoire, soit sur le chantier et concernant notamment la granulométrie des agrégats, ainsi que la plasticité des bétons ;

— Des moyens mécaniques de mise en œuvre du béton pour augmenter à la fois la compacité, la rapidité de prise et la résistance ;

— Enfin, de la conception des constructeurs concernant les procédés d'exécution : cintres, échafaudages, coffrages.

Dans le même temps — et c'est un point essentiel — le béton armé a trouvé ses lignes et son esthétique propres grâce à Auguste PERRET, à Tony GARNIER et quelques autres Maîtres.

Les ponts atteignent alors des portées impressionnantes et de nombreuses formes sont créées : arcs, bow-strings, poutres pleines, poutres à treillis, cantilevers.

Les couvertures en voiles minces sont réalisées avec une variété de solutions, suivant la portée, l'éclairement, les conditions d'utilisation. Elles sont auto-portantes et affectent la forme de surfaces réglables, développables ou même gauches ; ce sont les voûtes paraboliques, les auvents en porte-à-faux, les conoïdes, les paraboloides hyperboliques, les sheds de différents types. Les problèmes posés par ces constructions, variées et hardies, se doublent de celui des échafaudages et des procédés de cons-

truction, et les constructeurs ont fait à cet égard assaut d'ingéniosité.

Les parois en béton armé ont des applications multiples, depuis le simple réservoir, jusqu'aux silos, aux piscines, aux souffleries et aux grands réfrigérants.

Les barrages sont construits en béton armé, soit totalement, soit partiellement.

Nombre d'autres applications du béton armé sont à signaler, particulièrement dans le domaine des travaux souterrains, des travaux maritimes et fluviaux, des tuyaux et canalisations.

Les théories du béton armé ont évolué avec l'emploi de ce matériau, et, peu à peu, on arrive à mieux connaître la matière, mais des études sont encore en cours, qui permettront de construire toujours plus économiquement.

Les raisons du succès et des progrès du béton armé sont ensuite développées.

MERCREDI 9 NOVEMBRE, MATINÉE

Présidence de M. BOUSSIRON, Ingénieur-Constructeur,
Vice-Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs
en Ciment Armé de France.

LES CINTRES DE GRANDE PORTÉE

Par M. FOUGEA,
Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs
en Ciment Armé de France.

Les cintres de grande portée présentent pour l'exécution des grands arcs des avantages incontestables : économie par suite de la suppression des appuis intermédiaires; sécurité de construction, notamment lorsqu'il s'agit de franchir des rivières dont il faut craindre les crues; meilleure exécution en supprimant les tassements d'appui, en n'acceptant que des déformations, du même ordre que l'arc à supporter, et que l'on peut à l'avance diriger.



Photo Agence Photographique A. B. C.

Atelier central de la Régie Autonome des Transports Parisiens. Bâtiment des révisions générales.

Avant d'établir le plan d'un cintre, il convient d'étudier le moyen de réduire les charges et de les répartir à chaque instant de manière à limiter les contraintes développées. Trois moyens sont utilisés : coulage du béton par voussoirs, par rouleau, par anneau ou encore en combinaison de ces trois solutions.

Les cintres sont réalisés soit en bois cloués, soit en bois boulonnés, soit en charpente métallique. Des indications sont données sur les constitutions de chacun de ces types de cintre. Le béton armé est peu utilisé pour la construction totale des cintres ; c'est cependant une solution d'avenir déjà en étude chez plusieurs constructeurs.

Les différents systèmes de montage dans le vide sont ensuite passés en revue.

1^o Montage sur passerelle suspendue comme le cintre du pont de la Caille, puis celui du viaduc de l'Esla en Espagne de 200 m de portée.

2^o Montage en pylône avec rabattement ; les deux demi-cintres sont montés articulés à leur base de chaque côté de la brèche, puis ensuite rabattus jusqu'au contact en étant suspendus par des câbles aux treuils de manœuvre. La première application fut le cintre du pont du Sautet ; depuis, ce procédé a été fréquemment utilisé, notamment pour les ponts de l'Artuby, de Ponsonnas, de Longeray sur le Rhône, de la Jonnelière sur l'Erdre, de Lessart sur la Rance, de Bellegarde sur le Rhône.

Une combinaison des deux précédents systèmes a été employée pour le cintre du pont de Saint-Hilaire-Saint-Nazaire sur la Durance.

3^o Montage avec relèvement par pivotement ; les deux demi-cintres sont construits horizontalement puis relevés au moyen de treuils ou de vérins en s'appuyant sur les appuis et sur une tour centrale de levage. Les cintres du pont de la Coudette, de Stoksund, de Traneberg, tous deux près de Stockholm, celui du pont de Port d'Agres ont été ainsi réalisés.

Le cintre du pont de Nogent-sur-Marne a comporté aussi deux parties de cintre montées ainsi par pivotement et une autre partie centrale amenée par blindé. Le plus ancien exemple d'une pareille construction fut réalisé pour l'exécution des hangars d'Orly.

4^o Montage en porte-à-faux. Le cintre est construit au-dessus du vide maintenu par des haubans. C'est ainsi que furent édifiés les cintres du pont de Vienne sur le Rhône et de Brivesac. Celui du pont de l'Aar à Berne a été monté de la même manière, mais il comportait une partie centrale édifée sur pylône.

5^o Montage sur chevalet. Des chevalets placés sur le sol servent à construire un plancher sur lequel est édifié le cintre. Ce système nécessite alors le transport du cintre. Le célèbre pont de Plougastel fut ainsi réalisé ; le cintre monté sur chaland fut déplacé quatre fois.

Le déplacement des grands cintres permet de les réutiliser pour la confection d'arcs voisins et de diminuer ainsi le prix de revient. Celui de Bellegarde, celui d'Arles sur Tech ont été déplacés pour la construction d'arcs jumeaux. Mais le plus ancien exemple de tel ripage est le cintre du pont de Luxembourg qui a subi une translation de 11 m.

PONT DE VII



Rive gauche.

MERCREDI 9 NOVEMBRE, SOIRÉE

Présidence de M. SUQUET, Inspecteur Général
des Ponts et Chaussées, Ancien Directeur
de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

LE BÉTON ARMÉ DANS LA RECONSTRUCTION DES OUVRAGES D'ART

Par M. BOUTET,

Inspecteur Général des Ponts et Chaussées,
Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées.

Avant la dernière guerre de nombreux ouvrages d'art étaient construits en béton armé; beaucoup furent détruits; les années 1945-1949 ont entraîné dans notre pays des destructions d'une ampleur encore inconnue: plus de 10 000 ponts-routes ou ponts-rails détruits, presque tous nos quais de ports entièrement démolis, nos ouvrages de navigation, nos hangars, nos dépôts, nos gares partiellement ou totalement anéantis par des explosions multiples.

Pour choisir le parti à adopter dans l'étude du projet de reconstruction, les ingénieurs devaient tenir compte non seulement de données locales, mais aussi de deux autres éléments essentiels: l'urgence de l'exécution et le manque de matières. Le ciment était rare et l'acier encore plus; les ingénieurs poussés par la nécessité de l'économie durent accepter des solutions plus hardies, et recherchèrent, dans l'adaptation plus étroite de la matière aux conditions de résistance les solutions réalisables; le béton armé dans ces conditions s'imposait pour

la reconstruction des ouvrages d'art. Il fut utilisé pour les ponts-routes comme pour les ponts sous voie ferrée; les ingénieurs des chemins de fer, qui, autrefois, manifestaient une certaine appréhension à l'emploi du béton armé pour la constitution des éléments des ponts-rails, utilisèrent le béton armé pour la reconstruction de la plupart des ouvrages. De nombreuses projections mettent en lumière la variété des techniques employées.

Les ingénieurs, durant cette période de quatre ans, multiplient les efforts et consolident les progrès en matière de construction en béton armé: progrès dans les bétons par une meilleure connaissance des règles de granulométrie, des teneurs en eau, par une plus grande précision sur le chantier et par l'emploi de la vibration et de la pervibration; plus profonde connaissance des conditions dans lesquelles travaille la matière et application plus serrée de ces connaissances aux répartitions entre le béton et l'acier, de telle manière que chacun joue au maximum le rôle qui lui est dévolu dans une association désormais forcée comme dans le béton à précontrainte extérieure.

Ces progrès ont délivré le constructeur de bien des servitudes. Aussi les masses se sont allégées, les formes se sont assouplies et il s'est en quelque sorte créé une architecture nouvelle qui s'insère harmonieusement dans les paysages.

La période qui vient de s'écouler en accentuant la victoire de l'homme sur la matière a élargi considérablement la place que tenait le béton armé dans l'ensemble des procédés de construction.

INT-GEORGES



Rive droite.

JEUDI 10 NOVEMBRE, MATINÉE

Présidence de M. JACOBSON, Ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France, Vice-Président honoraire de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé de France.

LE BÉTON ARMÉ ET LE BATIMENT CONQUÊTES ET PROMESSES

Par M. BALENCY-BÉARN,
Vice-Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs
en Ciment Armé de France.

Le béton armé qui a cent ans est pourtant, comparé aux autres modes de bâtir (pierre ou bois par exemple), un matériau jeune et c'est le regard tourné vers l'avenir que doit être fêté son anniversaire.

Une partie seulement révélée de ses remarquables possibilités lui a permis une conquête extrêmement rapide du bâtiment. De sa naissance à 1910 il emportait à peu près toutes les positions.

Il faut attribuer cette réussite à sa souplesse, à sa facilité d'exécution et à sa remarquable économie de moyens.

Son expression architecturale d'abord hésitante (la conquête fut d'abord perçue comme une libération des contraintes davantage que comme une discipline nouvelle) s'affirme peu à peu.

Il faut citer la remarquable contribution de M. Auguste PERRET et celle d'architectes novateurs : François LE CŒUR, M. LE CORBUSIER. De nombreux grands maîtres surent libérer une plastique nouvelle.

*
* *

Mais la surprenante facilité du béton armé et la souplesse qu'il apportait à l'expression architecturale comportaient leur pénitence.

Le ciment armé de bâtiment n'a pas bénéficié de l'accroissement de productivité que connurent d'autres industries en raison de la trop grande variété des constructions.

Pourtant « une période industrielle » se dessine en ce moment à la suite de grandes périodes de l'histoire du ciment armé.

L'accroissement de productivité est recherché :

1° Dans l'économie des matériaux rendue possible par une amélioration de la qualité.

2° Dans l'économie de coffrage.

3° Dans la mécanisation de la manutention et l'obtention d'une cadence industrielle de production.

L'économie de coffrage est l'élément capital de la transformation industrielle des chantiers.

Le coffrage évolue vers un véritable outil au lieu de rester un élément dégradé de la fabrication.

Cet outil sert soit à bétonner en place des éléments répétés de construction, soit à produire à poste fixe des éléments dits préfabriqués qui seront ensuite transportés et assemblés sur le chantier.

La mécanisation de la manutention est aussi un élément très important du progrès. Les kilogrammètres bras sont toujours beaucoup plus coûteux que les kilogrammètres machine.

Enfin, l'obtention d'une cadence simple et robuste est la condition préalable de toute préparation du travail et de toute étude poussée des méthodes.

*
* *

La période industrielle du béton armé de bâtiment ne pourra connaître son plein essor que dans la mesure où des séries importantes, véritables moteurs de tout accroissement de productivité, seront accordées aux constructeurs.

Un contact étroit sera nécessaire dès la composition entre l'architecte et l'entrepreneur car déjà à ce stade les conditions de répétition des coffrages, de manutention et de rythme de production doivent être examinées.

On peut se demander si les conditions nouvelles de production ne pèseront pas trop lourdement sur la plastique et n'engendreront pas l'ennui.

Déjà de nombreux architectes se sont attelés au problème et des solutions très satisfaisantes ont été trouvées.

L'art peut naître de ces nouvelles difficultés vaincues.

La répétition du coffrage peut même favoriser une souplesse de forme que les architectes ne pouvaient pas espérer dans les conceptions traditionnelles.

Des constructeurs ardents sont attelés à une rénovation dans laquelle le béton armé, qui a déjà tant apporté au bâtiment, prendra la plus grande place et le renom de la France dans cette invention française ne faiblira pas.

L'AVENIR DU BÉTON ARMÉ

Par M. LOSSIER, Vice-Président
de l'Association Française des Ponts et Charpentes.

Pour tenter de prévoir ce que sera le proche avenir du béton armé, il est nécessaire de se remémorer le processus de son développement, depuis sa naissance jusqu'à nos jours. Le premier stade fut celui des inventeurs, le second fut celui des premières réalisations ; puis vint le troisième stade, celui des théoriciens.

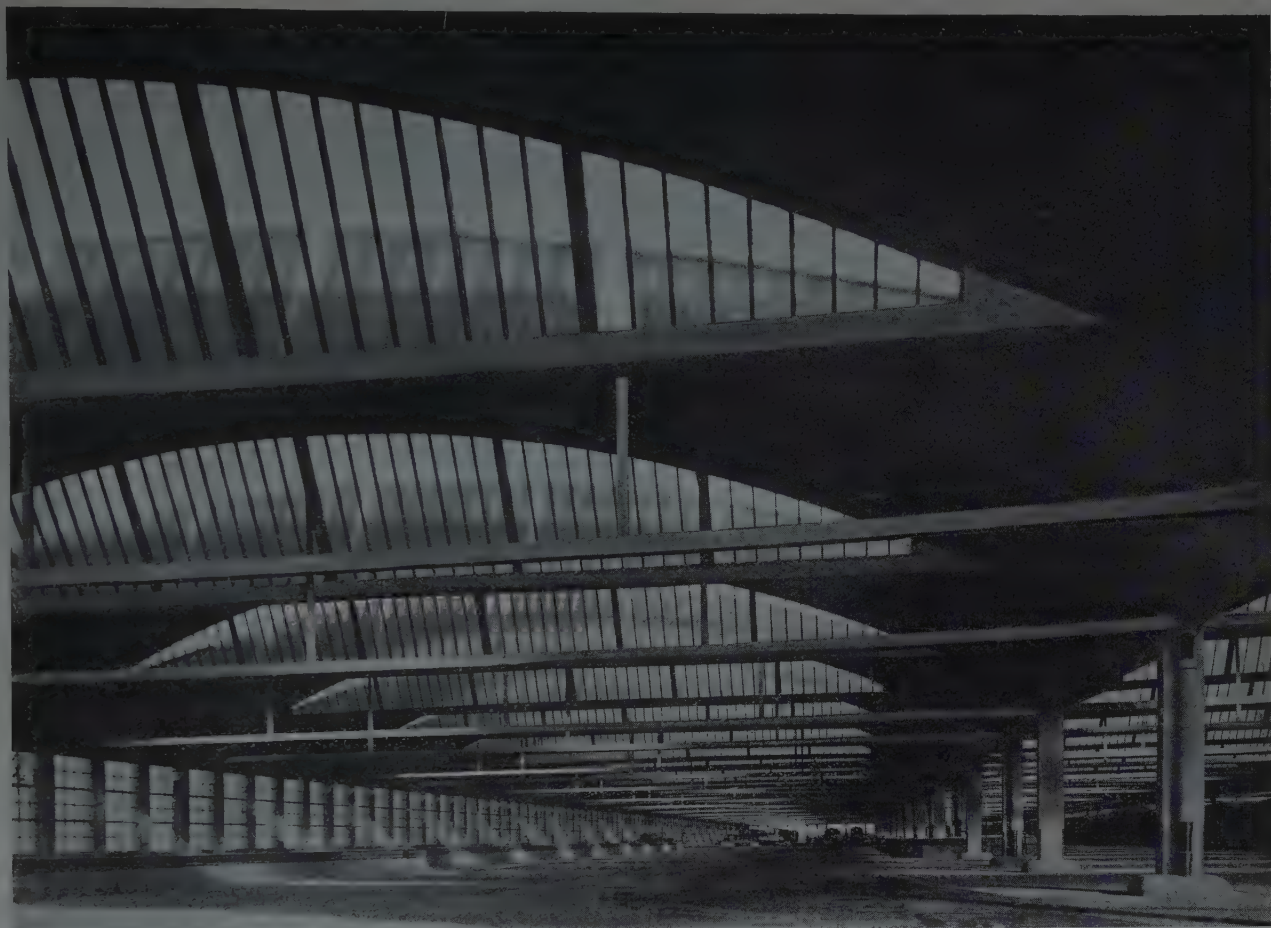


Photo Chevojon.

Halle à marchandises à Pantin.

On vit alors éclore certains règlements rigides, inadaptés au matériau spécial qu'est le béton armé qui aurait conduit à condamner sans appel divers ouvrages que l'expérience devait cependant glorifier par la suite. La France fit heureusement exception à cette règle trop généralisée par ailleurs ; sa circulaire fut en effet conçue, sous l'impulsion de CONSIDERE, sur des bases beaucoup plus prévoyantes. Aussi les constructeurs n'hésitèrent pas à s'engager nettement dans la recherche de perfectionnements substantiels.

Enfin le quatrième stade que nous vivons actuellement sera celui des novateurs dont l'activité consiste à perfectionner ou même à rénover des conceptions antérieures, soit à en créer de nouvelles de toutes pièces.

En résumé le développement du béton armé affecte jusqu'à nos jours l'allure d'une hélice dont le pas mesure les progrès réalisés à chaque retour aux conceptions originales.

Certains s'étonnent que les Américains franchissent des portées de plus de 1 000 m avec des ponts

suspendus, alors que les plus grandes travées des ouvrages réalisés en béton armé restent, en général, inférieures au quart de ce chiffre.

Ils en concluent parfois, qu'il s'agit là d'une limite imposée par les caractéristiques de ce matériau.

En réalité, si la plupart de nos ponts sont à portée relativement limitée, c'est uniquement parce que la largeur de nos fleuves et ravins à franchir n'exige pas d'autres dispositions.

Or on peut affirmer que les ressources dont bénéficie actuellement le béton armé permettraient, au point de vue des seules possibilités techniques, de réaliser des voûtes de l'ordre de 1 500 m et des poutres d'environ 500 m de portée, sextuplant et quadruplant respectivement celles de nos ouvrages actuels les plus audacieux.

Les progrès réalisés dans la qualité des ciments courants se sont surtout développés dans deux directions : leur résistance à la compression et la rapidité de leur durcissement : mais le rapport



Photo Agence Intercontinentale.

Visite de l'Exposition.

traction sur compression diminue en général lorsque la résistance augmente à l'écrasement, conduisant à une aggravation de la fragilité.

Les ciments expansifs, en provoquant des allongements initiaux supérieurs au retrait de durcissement, permettent néanmoins de réduire dans bien des cas les risques de fissuration.

L'utilisation des aciers de limite élastique élevée est loin d'être nouvelle, elle reprend une nouvelle actualité, notamment dans les ouvrages précontraints de tous types.

Des progrès doivent être recherchés dans les formes; les essais sur des voiles et coques minces ont justifié certaines formes modernes qui utilisent

plus complètement les propriétés particulières du monolithisme du béton armé.

Il ne faut plus évaluer la capacité de résistance d'un élément en supposant les matériaux indéfiniment élastiques, alors que les phénomènes de rupture évoluent dans le domaine très différent de la plasticité. Aussi toute une pléiade de jeunes savants et ingénieurs s'applique-t-elle à rapprocher par des moyens aussi simples et pratiques que possible les résultats de la théorie avec la réalité.

En résumé :

— Le béton armé, sous sa forme classique actuelle, comporte des possibilités de réalisations qui dépassent de loin nos créations existantes en apparence les plus audacieuses et qui pourront encore large-

ment s'accroître avec le temps.

— Les conceptions modernes de précontrainte, autocontrainte et autres ne le remplaceront pas d'une manière générale, mais elles le surclasseront dans certains domaines précis, aux limites d'ailleurs larges et sans doute extensibles.

— La mise en commun rationnelle de nos divers procédés, que favoriseront les progrès à attendre de la métallurgie et surtout des ciments et autres liants, permettra de tirer dans l'avenir le maximum d'un mode de construction qui, déjà a donné des preuves tant de son exceptionnelle vitalité que du génie créateur de ses principaux adeptes, parmi lesquels brillent tant de grands noms français du passé et du présent.

VISITES DE CHANTIER

L'après-midi des 9 et 10 novembre fut consacrée à des visites de chantier.

ATELIER CENTRAL DE LA RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS, RUE CHAM-PIONNET, A PARIS

Les visiteurs furent reçus par M. FAUCONNIER, Directeur des travaux de la Régie Autonome, et par M. FOUGEROLLE, Administrateur Gérant des Entreprises BOUSSIRON. L'atelier comprend un hall principal de 180 m x 70 m et deux annexes. Le plancher de l'étage à forte surcharge comporte des poutres de grande portée. La couverture est constituée de sheds en béton armé franchissant 29,50 m calculés en coquille et ne comportant dans le pan vitré que

des pièces verticales reportant sur la partie inclinée du chéneau le poids mort de la membrure supérieure.

HALLE DE LA S. N. C. F. A PANTIN

Reçus par M. Robert LÉVI, Directeur du Service des Installations Fixes de la S. N. C. F., et par M. FOUGEA, Président, Directeur Général de la Société Edmond COIGNET, les participants visiteront cette grande halle de 324 m de longueur sur 108 m de largeur en trois travées. La couverture est en voûte à simple courbure auto-portante sous-tendue par des tirants en aciers durs travaillant à 30 kg/mm², prétendus. L'éclairage est assuré par des plans en V coupant la voûte tout en ménageant les poutres de retombée nécessaires au report des charges.

PONT DE VILLENEUVE-SAINT-GEORGES

Les visiteurs ont été reçus par M. LIFFORT DE BUFFEVENT, Ingénieur en Chef, et M. DURAND, Ingénieur des Ponts et Chaussées, M. JAVAY, Directeur Général des Établissements FOURRÉ et RHODES, et par M. LOSSIER, Ingénieur-Conseil.

L'ouvrage est un cantilever à trois arches de 41 m, 78 m et 41 m de portée, l'arche centrale comportant une travée indépendante de 39 m; il est construit sur les deux piles et les deux culées de l'ancien ouvrage détruit. Le tablier constitué par une poutre évidée à deux membrures est en béton mis en pré-compression dans le sens longitudinal par des câbles de pont suspendus disposés à l'intérieur des poutres. La mise en tension des câbles est réalisée par vérin; elle peut se faire à chaque extrémité.

CENTRALE THERMIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE A IVRY-SUR-SEINE

Les participants parmi lesquels se trouvait M. DORGES, Secrétaire Général aux Travaux Publics, furent accueillis par M. CHARBONNIER, Directeur de l'Équipement à l'E. N. F., par M. COMMISSAIRE, Directeur-adjoint, et par les dirigeants des entre-

prises : M. JOZON, Directeur Général de la Société Nouvelle de la Construction, M. BERTRAND, Directeur Général Adjoint de l'Entreprise ZUBLIN-PERRIÈRE et M. FAURY. Après un exposé effectué par M. CHARBONNIER, les visiteurs se répartissent en plusieurs groupes dans le chantier.

Une extension de la Centrale est réalisée à deux fins : production d'énergie électrique pour les usages courants et alimentation de la Compagnie Parisienne de Chauffage urbain; de nombreux bâtiments sont en cours d'exécution, notamment la chaufferie de 29 m par 36 m de surface et 40 m de hauteur où la poutraison a une forme spéciale, la salle des pompes avec lanterneau en béton translucide; les murs sont constitués d'une paroi en parpaing revêtue d'une plaque de façade en béton armé préfabriqué de 0,04 d'épaisseur scellée dans les parpaings au fur et à mesure du montage; le béton de façade est en ciment pur et gravillon, lavé, brossé et décapé.

Les engins mécaniques sont importants : grues, tours, pompes à béton, centrale à béton à dosage automatique, etc...

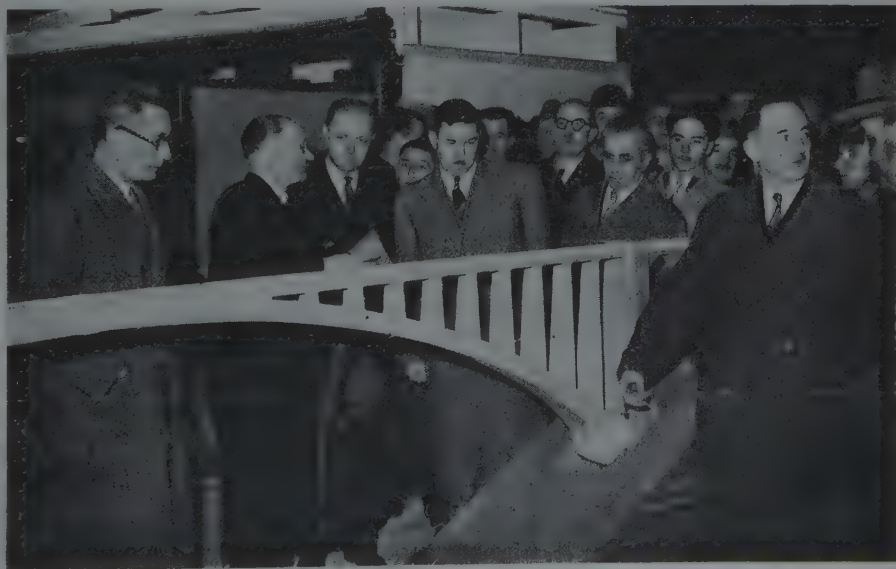
Les participants visitèrent les Chais Modernes de la Société MARTINI et ROSSI et ceux des Établissements SAINT-RAPHAËL.

INAUGURATION DE L'EXPOSITION

Le 9 novembre à 11 heures, l'exposition réalisée dans le Musée des Travaux Publics fut inaugurée par M. Christian PINEAU, Ministre des Travaux Publics et par M. Claudius PETIT, Ministre de la Reconstruction. Le Commissaire Général, M. CHALUMEAU exposa les buts de l'exposition, puis présenta les différentes classes.

Une profusion de photographies, certaines d'un format impressionnant, des maquettes, des tableaux sont artistiquement disposés sur les murs, sur des panneaux ou s'allongent horizontalement. Sitôt l'entrée, les précurseurs et les premiers pionniers apparaissent ainsi que leurs primitifs ouvrages. Puis les constructeurs de la fin du dernier siècle sont présentés ainsi que leurs réalisations; certaines paraissent contemporaines, d'autres sont marquées du goût de l'époque. Des souvenirs de ces hommes extraordinaires sont disposés harmonieusement : des brevets, de vieilles photographies jaunies par le temps, des médailles, des lettres, des catalogues. Les savants, les théoriciens sont,

eux aussi, en bonne place. Des tableaux rappellent la progression des conceptions, des théories, des réalisations. L'ordre chronologique est abandonné et la suite de l'exposition se répartit en différentes classes : ponts, barrages, constructions industrielles, silos, réfrigérants, hangars, couvertures aux formes inatten-



Visite de l'Exposition.

Photo Agence Intercontinentale.

dues, gares. Une image composée de photographies des ruines de nos grandes villes surmonte les panneaux consacrés à la construction des habitations. Des tableaux explicatifs, des reproductions de

chantiers initient aux méthodes de constructions, aux procédés spéciaux. Des appareils de laboratoire sont exposés ainsi que du matériel. Dans la salle de conférences des films sont projetés.

BANQUET

Le 10 novembre, dans les salons de l'Hôtel George-V, un banquet réunissait les participants du centenaire et leurs invités. M. Claudius PETIT, Ministre de la Reconstruction, présidait, et l'on notait la présence de M. Christian PINEAU, Ministre des Travaux Publics et de Mme Christian PINEAU, des représentants du Président du Conseil Économique et du Ministre de l'Industrie et du Commerce et les Chefs des Grandes Administrations et des Grandes Entreprises.

ALLOCUTION DE M. FOUGEA

Après avoir remercié les membres du Gouvernement de leur présence, M. FOUGEA s'adressant aux délégués étrangers rappelle les sentiments de parenté intellectuelle et professionnelle qui unissent les constructeurs en ciment armé du monde entier. Il marque la cohésion des hommes du ciment armé ; cohésion dans le temps illustrée par la présence des descendants des précurseurs et de leurs continuateurs : cohésion dans la recherche en commun : cohésion par l'estime réciproque.

Il termine en demandant que les pouvoirs publics posent aux constructeurs des problèmes de plus en plus difficiles, de plus en plus vastes.

ALLOCUTION DE M. LARDY,

Secrétaire général de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes.

Parlant au nom de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes et de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich, le professeur LARDY indique que l'enrichissement que les participants remporteront de ces journées ne sera pas seulement d'essence rétrospective mais sera aussi emprunt d'un caractère d'avenir laissant entrevoir dès maintenant les possibilités futures de la construction en béton armé. Grâce au béton armé, dit-il, l'ingénieur voit le domaine de ses réalisations étendu dans la mesure même où par ses comparaisons, la géométrie de l'espace dépasse la géométrie ternaire. Le tempérament artistique et créateur de l'Ingénieur et de l'Architecte trouve la possibilité de s'épanouir dans une mesure prodigieuse.

ALLOCUTION DE M. WILHEM,

Directeur des Travaux Publics de Belgique.

Parlant au nom des délégués étrangers, M. WILHEM rappelle l'action des inventeurs et des constructeurs français et de quelques belges, notamment l'ingénieur des Ponts et Chaussées belge M. CHRISTOPHE qui, en 1889, établit une méthode de calcul rationnel des pièces fléchies. Après un examen d'ensemble des procédés modernes récents et plus particulièrement de la précontrainte, M. WILHEM rend hommage non seulement aux inventeurs, constructeurs et ingénieurs français, mais encore au génie de la France dont le rayonnement bienfaisant n'a cessé de favoriser la libre expression de la pensée.

ALLOCUTION DE M. CLAUDIUS PETIT

M. Claudius PETIT, après avoir souligné le caractère international de cette rencontre entre gens de métier, indique que le Centenaire du béton armé a ceci de remarquable que ce procédé de construction est encore en plein essor, malgré son important développement antérieur. Le béton est vivant, il est conquérant, il se renouvelle constamment ; il apparaît dans l'existence humaine comme une sorte de révolution, c'est un matériau d'une telle souplesse qu'il peut se prêter aux caprices des hommes, à la condition que soient toujours présents, pour bien l'utiliser, le savant et l'artiste ; la parcelle de génie d'un créateur, d'un plasticien doit s'ajouter à la parcelle du génie du technicien et de l'ingénieur. VALÉRY disait que le geste le plus complet de l'homme était celui de bâtir. Avec le béton armé c'est un moyen puissant qui est donné à l'Homme de bâtir, de magnifier les paysages créés pourtant par d'autres moyens. On célèbre trop, dit M. Claudius PETIT, les cultures disparues ; il n'est que rarement fait allusion à celles si vivantes de notre temps. Les délégués étrangers nous ont fait, à nous Français, quelques éloges ; ces éloges nous créent des devoirs, nous obligent à aimer notre temps d'une façon passionnée et à faire encore nos efforts et à poursuivre nos recherches pour apporter, par le béton armé, des solutions audacieuses, nouvelles, industrielles.

LE LIVRE D'OR DU CENTENAIRE

A l'occasion du Centenaire de l'invention du Ciment Armé, les conférences et allocutions prononcées au cours des différentes journées ont été réunies dans un volume avec des articles originaux de M. CHALUMEAU sur l'Exposition, de M. CHAMBAUD sur la théorie élasto-plastique de la flexion, de M. GENOUVILLE sur le matériel et de M. LEBELLE sur le béton précontraint.

Le tirage de cet important ouvrage étant limité, les adhérents qui désireraient l'acquérir au prix de fr 700 sont priés de s'inscrire dès maintenant à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS-VII^e

Décembre 1949

N° 112

Nouvelle série.

HORS SÉRIE, N° 2

TABLES SYSTÉMATIQUE ET PAR NOMS D'AUTEURS DES FASCICULES PARUS EN 1948-1949

TABLE PAR SÉRIES

ARCHITECTURE ET URBANISME

- AU 1. — Urbanisme 1948, par M. Tony SOCARD (n° 51, de décembre 1948).
- AU 2. — Rouen avant et après les bombardements, par M. P. CHIROL (n° 53, de décembre 1948).
- AU 3. — La collaboration des ingénieurs et des architectes dans les grands travaux publics et industriels, par M. A. LAPRADE (n° 71, de mai 1949).
- AU 4. — Du rôle social de l'architecte, par M. R. LOPEZ (n° 97, d'octobre 1949).

TECHNIQUE GÉNÉRALE DE LA CONSTRUCTION

- TGC/1. — Comment lutter contre la corrosion des matériaux de construction, par M. M. LÉPINGLE (n° 1, de janvier 1948).
- TGC/2. — Sur les cas d'altération de pierre de taille par les fumées, par M. C. CAMERMAN (n° 14, de mars 1948).
- TGC/3. — Les éléments organisés de construction, par M. R. LEROUX (n° 23, de mai 1948).
- TGC/4. — Nouvelle application des colles dans le bâtiment, par M. P. SAINT-ROMAS (n° 43, d'octobre 1948).
- TGC/5. — De la méthode dans le problème technique de l'habitation, par M. R. LEROUX (n° 52, de juillet-août 1949).
- TGC/6. — Le nouveau bâtiment de l'O. E. C. E. Visite de chantier du 27 mai 1949 (n° 91, de septembre 1949).
- TGC/7. — Étude des détériorations des pierres des monuments historiques, par MM. J. BOURCART, J. NOETZLIN, le docteur G. POCHON et Mlle S. BERTHELIER (n° 108, de décembre 1949).

THÉORIES ET MÉTHODES DE CALCUL

- TMC/1. — L'exploitation du phénomène d'adaptation dans les ossatures en acier doux, par M. J. DUTHEIL (n° 2, de janvier 1948).

TMC/2. — Qualité des matériaux et sécurité dans le bâtiment ainsi que dans la construction des machines, par M. M. Roš (n° 41, de septembre 1948).

TMC/3. — Risque et sécurité. Le développement hélicoïdal de la résistance des matériaux, par M. H. LOSSIER (n° 44, d'octobre 1948).

TMC/4. — Calcul des systèmes continus. Méthode des appuis élastiques, par M. R. VALLETTE. Extension de la méthode par relaxation d'appuis de Cross, par M. G. COCCHI. Compléments, par M. P. CAGNIANT (n° 70, de mars-avril 1949).

TMC/5. — Matière, construction et résistance, par M. R. L'HERMITE (n° 92, de septembre 1948).

TMC/6. — Les phénomènes de coaction élasto-plastique et l'adaptation à la résistance des matériaux, par M. G. COLONNETTI (n° 99, de novembre 1949).

TMC/7. — Voûtes en berceau. Rapport n° 136 du Laboratoire Fédéral d'essai des Matériaux et Institut de Recherches — industrie, génie civil, arts et métiers — Zurich, par M. A. VOELLMY (n° 100, de novembre 1949).

ESSAIS ET MESURES

EM/ 1. — Contribution à l'étude de l'effet d'entaille, par M. G. DAWANCE (n° 3, de janvier 1948).

EM/ 2. — Considérations sur la viscosité, la plasticité et le frottement interne, par M. R. L'HERMITE (n° 8, de février 1948).

EM/ 3. — Une nouvelle méthode pour l'étude de la relaxation des fils d'acier, par M. G. DAWANCE (n° 9, de février 1948).

EM/ 4. — Détermination des contraintes dans le béton par la méthode du tensomètre photoélastique, par M. A. de SOUSA COUTINHO (n° 20, de mai 1948).

EM/ 5. — Le frottement interne des métaux, par M. R. HEYDEL (n° 48, de novembre 1948).

EM/ 6. — Recherches sur la pénétration des pointes coniques et le problème de la dureté, par M. R. L'HERMITE (n° 50, de novembre 1948).

- EM/ 7. — Quelques méthodes d'études sur modèles réduits en résistance des matériaux, première partie : Les procédés généraux de mesure. La similitude, par M. J. RAUD (n° 60, de janvier 1949).
- EM/ 8. — Quelques méthodes d'études sur modèles réduits en résistance des matériaux, deuxième partie : Étude des charpentes. Méthodes par analogie, par M. J. RAUD (n° 67, de mars-avril 1949).
- EM/ 9. — Le comportement des métaux au choc, par M. G. DAWANCE (n° 74, de mai 1949).
- EM/10. — Nouvelles machines d'essais des matériaux créées par les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, par MM. R. L'HERMITE, G. DAWANCE, J. GRANDVOINET, J. BARRÉE, J. CHEFDEVILLE, A. JOISEL (n° 83, de juillet-août 1949).
- EM/11. — Étude d'une méthode rapide de mesure des coefficients de conductibilité thermique, par M. P. DESTABLE (n° 86, de juillet-août 1949).
- EM/12. — Compte rendu d'essais sur le flambage d'une tige posée sur supports élastiques équidistants, par M. A. LAZARD (n° 88, de septembre 1949).
- EM/13. — La mesure des efforts et le problème de la machine d'essais, par M. J. GRANDVOINET (n° 94, d'octobre 1949).

SOLS ET FONDATIONS

- SF/1. — Recherche sur les propriétés physiques des sédiments meubles, par M. V. ROMANOVSKY (n° 13, de mars 1948).
- SF/2. — Quelques exemples d'application des méthodes d'investigation utilisées en Belgique pour la résolution des problèmes de fondation, par M. E. de BEER (n° 105, de décembre 1949).

CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

- CM/1. — Reconstruction du viaduc S. N. C. F. sur le Rhône à Avignon, par M. S. PAYAN (n° 34, de juillet-août 1948).
- CM/2. — Montage des travées de ponts métalliques en porte à faux, par M. P. LORIN (n° 46, de novembre 1948).
- CM/3. — Les bases des contraintes admissibles dans les constructions métalliques, par M. M. ROŠ (n° 78, de juin 1949).

TRAVAUX PUBLICS

- TP/1. — Caisson mobile auto-flotteur à air comprimé, par M. J. CAMBON (n° 27, de juin 1948).
- TP/2. — Ponts provisoires sur le Rhin et la Moselle, par M. M. FAUCONNIER (n° 32, de juillet-août 1948).
- TP/3. — La reconstruction de la centrale de Gennevilliers. Visites de chantier des 12 mars, 2, 8 et 16 avril 1948 (n° 55, de décembre 1948).
- TP/4. — La construction du pont Jacques-Bouloche à Bezons. Visite de chantier du 1^{er} avril 1949 (n° 76, de mai 1949).

MATÉRIAUX

- MA/1. — Essais et recherches sur les bois et leur utilisation, par M. J. CAMPREDON (n° 45, d'octobre 1948).

- MA/2. — L'argile matière première, par M. M. LÉPINGLE (n° 98, d'octobre 1949).
- MA/3. — Recherches diverses et essais intéressant l'utilisation du bois dans la menuiserie et la charpente, par M. J. CAMPREDON (n° 107, de décembre 1949).

LIANTS HYDRAULIQUES

- LH/1. — Hydratation et hydrolyse des silicates et des aluminates de calcium en fonction de la température, par M. J. BROCARD (n° 12, de février 1948).
- LH/2. — Le Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie des liants hydrauliques, par M. H. LAFUMA (n° 29, de juin 1948).
- LH/3. — L'expansion des ciments mesurée à l'autoclave, par M. L. BLONDIAU (n° 39, de septembre 1948).
- LH/4. — Amélioration de la prise et du durcissement des liants hydrauliques par la chaleur, par M. J. BROCARD (n° 54, de décembre 1948).
- LH/5. — Nouvelle contribution à l'étude du retrait des ciments, par MM. R. L'HERMITE, J. CHEFDEVILLE, J. J. GRIEUX (n° 106, de décembre 1949).

BÉTON, BÉTON ARMÉ

- BBA/ 1. — La vibration du béton frais, par MM. R. L'HERMITE et G. TOURNON (n° 11, de février 1948).
- BBA/ 2. — Détermination expérimentale de la composition des bétons, par M. M. BUISSON (n° 21, de mai 1948).
- BBA/ 3. — Nouvelle recherche sur la gélivité des bétons. Les bétons aérés, par M. M. VALENTA (n° 22, de mai 1948).
- BBA/ 4. — Étude expérimentale de la flexion dans les pièces en béton armé. Théorie élasto-plastique et méthode de calcul à coefficient de sécurité constant, par M. R. CHAMBAUD (n° 61, de février 1949).
- BBA/ 5. — La résistance du béton et sa mesure, par M. R. L'HERMITE (n° 62, de février 1949).
- BBA/ 6. — Composition des bétons. Mise au point de la question, par M. R. VALLETTE (n° 66, de mars-avril 1949).
- BBA/ 7. — Liaison du béton et du métal, par M. P. BRICE (n° 72, de mai 1949).
- BBA/ 8. — Essais statistiques sur mortiers et bétons, par M. M. PROT (n° 81, de juillet-août 1949).
- BBA/ 9. — Recherches sur l'utilisation rationnelle des débris de démolition dans les bétons et les mortiers destinés à la construction d'habitations, par M. A. KOBYLINSKI (n° 84, de juillet-août 1949).
- BBA/10. — Théorie élasto-plastique de la flexion dans les poutres en béton armé. Mémoire complémentaire, par M. R. CHAMBAUD (n° 101, de novembre 1949).
- BBA/11. — Commémoration du Centenaire de l'invention du ciment armé, par la Chambre Syndicale des Constructeurs en ciment armé de France (n° 111, de décembre 1949).

BÉTON PRÉCONTRAIN⁽¹⁾

- BP/10. — La piste en béton précontraint de l'aérodrome d'Orly, par M. L. NETTER (n° 5, de janvier 1948).

⁽¹⁾ La numérotation de cette série continue celle des circulaires correspondantes des années 1940-1947.

- BP/11. — Le réservoir en béton précontraint de 7 000 m³ du Service des eaux de la ville d'Orléans, par MM. E. ROBERT et P. LEBELLE (n° 57, de janvier 1949).
- BP/12. — Les ponts en béton précontraint sur la Marne. Visites de chantier des 22 avril et 20 mai 1949 (n° 75, de mai 1949).
- BP/13. — Exposé d'ensemble de l'idée de précontrainte, par M. E. FREYSSINET (n° 77, de juin 1949).

EQUIPEMENT TECHNIQUE

- ET/1. — Bistre, suie et calcin : de leur production, de leurs inconvénients et des moyens pour les éviter et en réparer les dégâts, par M. C. HERODY (n° 28, de juin 1948).
- ET/2. — Conditionnement de l'air, ses applications dans l'habitat et dans l'industrie, par M. R. GOENAGA (n° 37, de juillet-août 1948).
- ET/3. — Le chauffage urbain et ses perspectives, par M. R. FISCH (n° 59, de janvier 1949).
- ET/4. — Influence de la normalisation et de la préfabrication sur la technique des installations sanitaires. L'emploi de la préfabrication sur les chantiers de reconstruction, par M. H. CHARLENT (n° 95, d'octobre 1949).
- ET/5. — Les chambres d'essais climatiques, par M. A. DESPLANCHES (n° 110, de décembre 1949).

AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR

- AI/1. — Les vernis aux résines artificielles et les peintures dérivées dans les travaux du peintre en Bâtiment, par M. H. RABATÉ (n° 10, de février 1948).
- AI/2. — Fabrication et utilisation actuelles des éléments préfabriqués en plâtre, par M. P. GILARDI (n° 36, de juillet-août 1948).

MATÉRIEL DE CHANTIER

- MC/1. — Le concassage et la fragmentation des roches I, par M. A. JOISEL (n° 26, de juin 1948).
- MC/2. — Le concassage et la fragmentation des roches II. Influence de la course du concasseur sur la granulométrie des produits, par M. A. JOISEL (n° 52, de décembre 1948).
- MC/3. — L'homogénéité du béton et les bétonnières, par M. A. JOISEL (n° 69, de mars-avril 1949).

QUESTIONS GÉNÉRALES

- QG/1. — Quelques conséquences de l'insuffisance du taux de rationalisation de l'industrie de la construction, par M. L. FLAUS (n° 7, de février 1948).
- QG/2. — Point actuel de la reconstruction, ses perspectives d'avenir, par M. J. KERISEL (n° 19, d'avril 1948).
- QG/3. — Aérodromes à grand trafic, étude critique du tracé des pistes, par M. R. L'HERMINIER (n° 24, de mai 1948).

- QG/4. — Les chantiers en face des problèmes de la préparation du travail, par MM. A. BALENCY-BEARN et L. LAURU (n° 30, de juin 1948).
- QG/5. — Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, par M. A. MARINI (n° 31, de juin 1948).
- QG/6. — Étude psycho-physiologique du travail à la scie circulaire, par M. A. MORALI DANINOS (n° 47, de novembre 1948).
- QG/7. — Contribution à l'étude des conditions de travail dans l'air comprimé, par MM. G. FROMENT et V. RAYMOND (n° 87, de septembre 1949).

DOCUMENTATION TECHNIQUE ⁽¹⁾

- DT/15. — Documentation réunie pendant le troisième trimestre 1947 (n° 6, de janvier 1948).
- DT/16. — Documentation réunie pendant le quatrième trimestre 1947 (n° 15, de mars 1948).
- DT/17. — Documentation réunie en janvier-février 1948 (n° 25, de mai 1948).
- DT/18. — Documentation réunie en mars-avril (n° 35, de juillet-août 1948).
- DT/19. — Documentation réunie en mai-juin 1948 (n° 38, de septembre 1948).
- DT/20. — Documentation réunie en juillet-août 1948 (n° 42, d'octobre 1948).
- DT/20 bis. — Table des rubriques de l'index analytique de documentation parues dans les vingt premiers fascicules (1944-1948) (n° 56, de décembre 1948).
- DT/21. — Documentation réunie en septembre-octobre 1948 (n° 58, de janvier 1949).
- DT/22. — Documentation réunie en novembre-décembre 1948 (n° 64, de février 1949).
- DT/23. — Documentation réunie en janvier 1949 (n° 68, de mars-avril 1949).
- DT/24. — Documentation réunie en février 1949 (n° 73, de mai 1949).
- DT/25. — Documentation réunie en mars 1949 (n° 80, de juin 1949).
- DT/26. — Documentation réunie en avril 1949 (n° 85, de juillet-août 1949).
- DT/27. — Documentation réunie en mai 1949 (n° 90, de septembre 1949).
- DT/28. — Documentation réunie en juin-juillet 1949 (n° 96, d'octobre 1949).
- DT/29. — Documentation réunie en août 1949 (n° 103, de novembre 1949).
- DT/30. — Documentation réunie en septembre 1949 (n° 109, de décembre 1949).

MANUEL DU BÉTON ARMÉ ⁽¹⁾

- MBA/18. — Ponts en arcs encastrés. Méthode d'avant-projet, par M. R. CHAMBAUD (n° 4, de janvier 1948).

MANUEL DE LA CHARPENTE EN BOIS

- MCB/1. — Un manuel français de la charpente en bois (n° 16, d'avril 1948).

⁽¹⁾ La numérotation de cette série continue celle des circulaires correspondantes des années 1940-1947.

- MCB/2.** — Les cintres en bois pour ouvrages d'art, texte, par MM. Ch. DUHOUX et R. VALLETTE (n° 17, d'avril 1948).
- MCB/3.** — Les cintres en bois pour ouvrages d'art. Annexes, par MM. Ch. DUHOUX et R. VALLETTE (n° 18, d'avril 1948).
- MCB/4.** — Caractéristiques générales des bois de charpente; propriétés et emploi des différentes essences, par M. J. CAMPREDON (n° 40, de septembre 1948).
- MCB/5.** — La préparation du bois, exploitations forestières, abatage, séchage, étuvage, traitements de conservation et de préservation contre le feu, par M. J. CAMPREDON (n° 49, de novembre 1948).
- MCB/6.** — Travail du bois, par M. M. LOTTE (n° 65, de mars-avril 1949).
- MCB/7.** — Le trait de charpente I, par M. J. JAROUSSEAU (n° 93, d'octobre 1949).
- MCB/8.** — Le trait de charpente II, par M. J. JAROUSSEAU (n° 104, de décembre 1949).

MANUEL DE LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

- MCM/1.** — Un manuel français de la construction métallique (n° 63, de février 1949).
- MCM/2.** — Moyens d'assemblage des constructions métalliques, par M. D. SFINTESCO (n° 79, de juin 1949).
- MCM/3.** — Assemblages dans la construction métallique, par M. D. SFINTESCO (n° 89, de septembre 1949).
- MCM/4.** — Combles, par M. D. SFINTESCO (n° 102, de novembre 1949).

HORS SÉRIE

- HS/1.** — Table des circulaires de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 1940-1947 (n° 33, de juillet-août 1948).
- HS/2.** — Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Nouvelle série. Tables systématique et par noms d'auteurs des fascicules parus en 1948-1949 (n° 112, de décembre 1949).

TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

(Les lettres renvoient aux différentes séries de la table précédente.)

BALENCY-BÉARN (A.), QG/4.	DAWANCE (G.), EM/1, EM/3, EM/9, EM/10.	DT/27, DT/28, DT/29, DT/30, MCB/1, MCM/1, HS/1, HS/2.	NETTER (L.), BP/10.
BARRÉE (J.), EM/10.	DESPLANCHES (A.), ET/5.	JAROUSSEAU (J.), MCB/7, MCB/8.	NOETZLIN (J.), TGC/7.
BEER (DE) (E.), SF/2.	DESTABLE (P.), EM/11.	JOISEL (J.), EM/10, MC/1, MC/2, MC/3.	PAYAN (S.), CM/1.
BERTHELIER (S.), TGC/7.	DUHOUX (Ch.), MCB/2, MCB/3.	KERISEL (J.), QG/2.	POCHON (G.), TGC/7.
BLONDIAU (L.), LH/3.	DUTHEIL (J.), TMC/1.	KOBYLINSKI (A.), BBA/9.	PROT (M.), BBA/3.
BOURCART (J.), TGC/7.	FAUCONNIER (M.), TP/2.	LAFUMA (H.), LH/2.	RABATÉ (H.), AI/1.
BRICE (P.), BBA/7.	FISCH (R.), ET/3.	LAPRADE (A.), AU/3.	RAUD (J.), EM/7, EM/8.
BROCARD (J.), LH/1, LH/4.	FLAUS (L.), QG/1.	LAURU (L.), QG/4.	RAYMOND (V.), QG/7.
BUISSON (M.), BBA/2.	FREYSSINET (E.), BP/13.	LAZARD (A.), EM/12.	ROBERT (E.), BP/11.
CAGNIANT (P.), TMC/4.	FROMENT (G.), QG/7.	LEBELLE (P.), BP/11.	ROMANOVSKY (V.), SF/1.
CAMBON (J.), TP/1.	GILARDI (P.), AI/2.	LÉPINGLE (M.), TGC/1, M/2.	ROŠ (M.), TMC/2, CM/3.
CAMERMAN (C.), TGC/2.	GOENAGA (R.), ET/2.	LEROUX (R.), TGC/3, TGC/5.	SAINT-ROMAS (P.), TGC/4.
CAMPREDON (J.), M/1, M/3, MCB/4, MCB/5.	GRANDVOINET (J.), EM/10, EM/13.	L'HERMINIER (R.), QG/3.	SFINTESCO (D.), MCM/2, MCM/3, MCM/4.
CHAMBAUD (R.), BBA/4, BBA/10, MBA/13.	GRIEU (J.-J.), LH/5.	L'HERMITE (R.), TMC/5, EM/2, EM/6, EM/10, LH/5, BBA/1, BBA/5.	SOCARD (T.), AU/1.
CHAMBRE SYNDICALE DES CONSTRUCTEURS EN CIMENT ARMÉ DE FRANCE, BBA/11.	HERODY (C.), ET/1.	LOPEZ (R.), AU/4.	SOUSA-COUTINHO (DE) (A.), EM/4.
CHARLENT (H.), ET/4.	HEYDEL (R.), EM/5.	LORIN (P.), CM/2.	TOURNON (G.), BBA/1.
CHEFDEVILLE (J.), EM/10, LH/5.	INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS, TGC/6, TP/3, TP/4, BP/12, DT/15, DT/16, DT/17, DT/18, DT/19, DT/20, DT/20 bis, DT/21, DT/22, DT/23, DT/24, DT/25, DT/26,	LOSSIER (H.), TMC/3.	VALENTA (M.), BBA/3.
CHIROL (P.), AU/2.		LOTTE (M.), MCB/6.	VALLETTE (R.), TMC/4, BBA/6, MCB/2, MCB/3.
COCCHI (G.), TMC/4.		MARINI (A.), QG/5.	VOELLMY (A.), TMC/7.
COLONNETTI (G.), TMC/6.		MORALI DANINOS (A.), QG/6.	

MATÉRIEL DE TRAVAUX PUBLICS

LEXIQUE TECHNIQUE

FRANÇAIS-ANGLAIS ET ANGLAIS-FRANÇAIS

De nombreux chantiers de travaux publics ont été ouverts ces dernières années en France et dans l'Union Française, pour lesquels les entreprises ont dû compléter ou reconstituer leur parc de matériel. En attendant la reprise des fabrications françaises et leur modernisation, les entreprises ont dû souvent acquérir du matériel de fabrication anglo-saxonne.

La consultation des catalogues, la commande du matériel et des pièces de rechange, l'emploi, l'entretien et la réparation de ce matériel exigent la connaissance d'un vocabulaire technique qui ne se rencontre généralement pas dans les dictionnaires bilingues d'usage courant; il n'existe pas non plus de dictionnaire technique, à jour, spécialisé en cette matière.

C'est pour combler cette lacune que l'**Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics** a préparé, à la demande de la Fédération Nationale des Travaux Publics, un lexique des termes techniques français, anglais et américains se rapportant au matériel de Travaux publics.

L'appréciation des caractéristiques d'un matériel : dimensions, rendement, consommation, ne peut se faire pratiquement pour l'usager que moyennant conversion dans le système d'unités qui lui est familier des chiffres donnés dans un autre système d'unités; des tables de conversion développées complètent le lexique proprement dit et permettent, en limitant les calculs au minimum, de passer commodément des unités anglo-saxonnes au système métrique et inversement; ces tables se rapportent aux unités fondamentales de dimensions, poids et température et à quelques unités dérivées.

Le « Lexique technique du Matériel de Travaux publics » vient de paraître; les trois parties : lexique français-anglais, lexique anglais-français et tables de conversion comportent au total 184 pages format 13,5 x 21.

Cet ouvrage est en vente à l'**Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics**, 28, boulevard Raspail, PARIS, au prix de :

fr : 700 l'exemplaire relié.

plus fr : 35 pour frais d'expédition s'il y a lieu, contre demande accompagnée d'un chèque barré ou d'un virement au Compte Courant Postal, PARIS 1834-66.

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics vient d'éditer une Notice de 8 pages in-octavo indiquant sommairement son objectif et ses activités.

Des exemplaires de l'édition française et de l'édition anglaise sont mis gracieusement à la disposition des adhérents qui désireraient les recevoir.

ENTREPRENEURS,

Subventionnez l'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
sans charge nouvelle.

En attribuant à l'**Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics** la part de taxe d'apprentissage que la loi permet d'affecter à la formation des Cadres supérieurs, vous pouvez, sans charge spéciale, aider notre Association qui, par ses conférences, ses publications, sa documentation, ses travaux de recherches, joue un rôle important dans la conduite de vos Entreprises.

Par vos versements, vous concurrez à son activité et faciliterez ses travaux; vous serez certains, par conséquent, que ce prélèvement restera au service de vos Professions.

Répondez à notre appel en adressant avant le 31 décembre 1949, à l'**Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics**, 28, boulevard Raspail, Paris-VII^e (C. C. P. Paris 1834-66), la subvention dont vous pouvez disposer pour la formation des Cadres supérieurs; nous vous remettrons quittance de votre versement, qui vous permettra d'obtenir l'exonération correspondante.

Si vous voulez être renseignés sur les modalités des subventions au titre de la taxe d'apprentissage, consultez la brochure « La Taxe d'Apprentissage telle que codifiée à partir du 31 octobre 1949 ».

En vente au Service des Brochures de la revue « Bâtiment et Travaux Publics », 8, quai de Gesvres, Paris-IV^e (C. C. P. Paris 5294-01). A l'unité : prix 60 fr, plus 15 fr pour frais d'envoi. Par commandes importantes ou groupées, faites par des organismes syndicaux de toute profession, prix 45 fr l'exemplaire, plus frais d'envoi effectif.

Le premier numéro de ...

BATIR

**REVUE TECHNIQUE DE LA FÉDÉRATION NATIONALE DU BATIMENT
ET DES ACTIVITÉS ANNEXES**

**RÉDIGÉE AVEC LE CONCOURS DE L'INSTITUT TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS**

... vient de paraître

Par le moyen de cette importante revue illustrée où une grande variété d'articles sont présentés de la manière la plus vivante, la Fédération Nationale du Bâtiment et des Activités Annexes :

Informe et documente les architectes, ingénieurs et entrepreneurs, auxquels elle offre le moyen de faire connaître les réalisations dont ils sont les auteurs ;

Diffuse sous une forme concise et synthétique les enseignements qui découlent des recherches expérimentales ou théoriques ;

Expose les méthodes d'organisation et de coordination qui favoriseront l'essor du Bâtiment français ;

Propose aux Pouvoirs Publics des solutions pratiques et objectives.

« BATIR », qui est une revue d'information technique de lecture facile, ne fait donc pas double emploi avec les « Annales » qui restent un recueil de monographies plus spécialement destinées à être rangées au nombre des instruments de travail des professionnels et techniciens.

SOMMAIRE DU N° 1

Éditorial. Stages aux U. S. A. Les Congrès.
Le Centenaire du ciment armé. La préparation du travail de chantier.

Le retrait des mortiers et bétons (quatre pages en couleurs). Un procédé moderne de fondation par piliers coulés. La menuiserie métallique. Procédés traditionnels et techniques modernes dans la menuiserie. Problèmes du chauffage collectif. Le soudage

des aciers inoxydables. Préparation de l'aluminium avant application de peinture. L'immeuble de l'O. E. C. E. Un immeuble de bureaux particulièrement léger à Los Angeles. L'automobile au service du Bâtiment. Pathologie de la construction : le soulèvement des carrelages. Les recherches en cours. Courrier des lecteurs. Tribune libre : le mythe de l'adjudication.

Prix du numéro :
250 fr

Abonnement d'un an : **2 000 fr**
(9 numéros par an).

Les souscriptions peuvent être adressées dès maintenant à la revue « BATIR »,
33, avenue Kléber, PARIS-XVI^e.

Numéro spécimen sur demande.